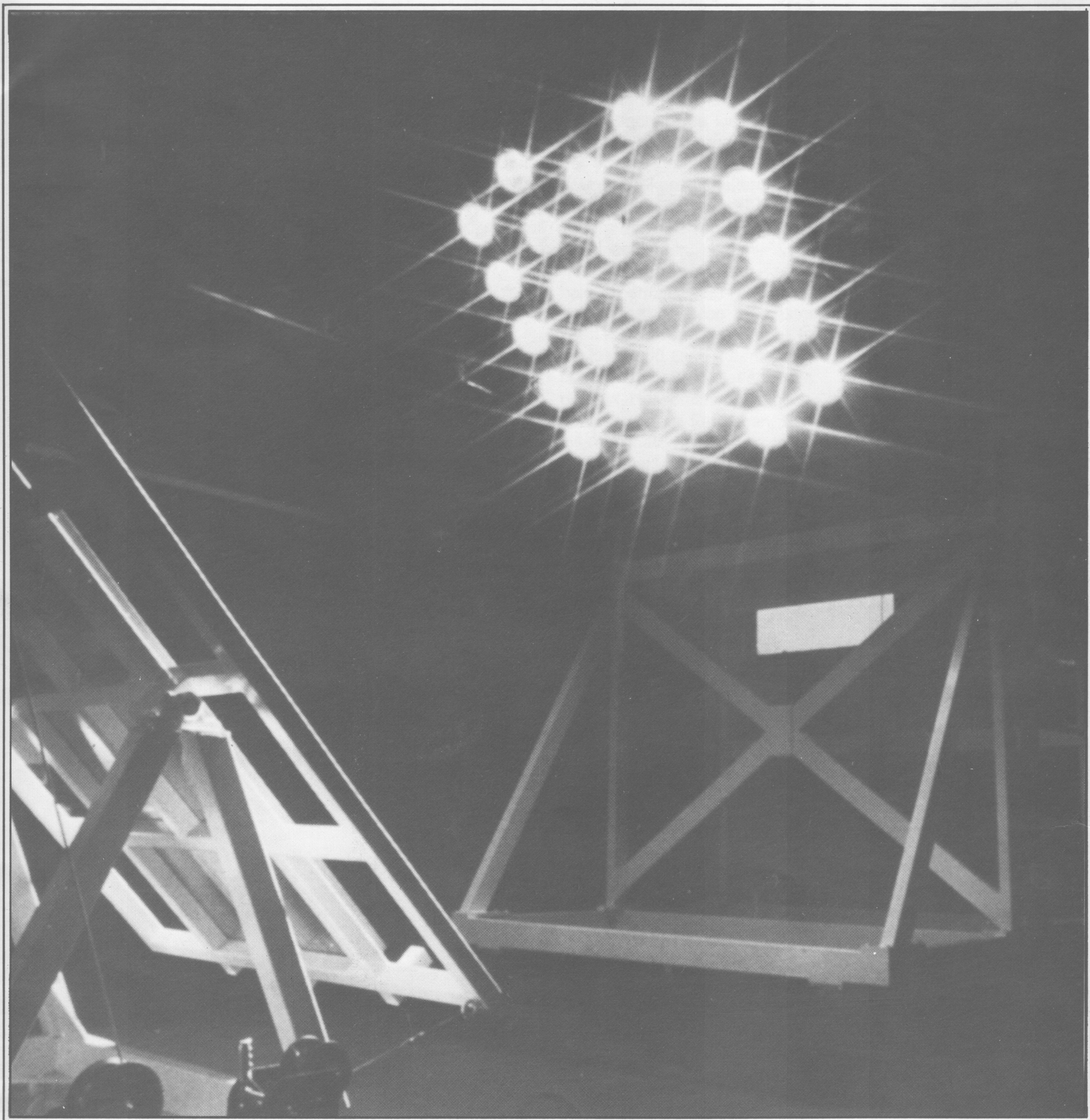
TNO

12e jaargang nr. 4 – april 1984

4

PROJECT

MAANDBLAD VOOR TOEGEPASTE WETENSCHAPPEN



ZONNE-ENERGIE

Redactie-adres:
Centrale Stafafdeling
In- en Externe Communicatie TNO
Postbus 297,
2501 BD, 's-Gravenhage
tel. 070-814481, tst. 210

verantwoordelijk redacteur:
Henk Hage

Redactiecommissie:
Mw. ir. W. Alberts, dr. C. L. Ekkers, dr. P. J. Kalff, drs. W. J. C. Melgert, dr. P. Padmos
drs. P. G. Schipper,
dr. ir. J. W. Verheij
dr. ir. K. A. Warschauer

Abonnement:
Binnenland ƒ 63,50 (incl. BTW), Studentenabonnementen ƒ 32,50 per jaar onder vermelding van nr. collegekaart, studierichting en vermoedelijke datum van afstuderen. België, Luxemburg, Ned. Antillen, Suriname ƒ 63,50, overige landen ƒ 83,35, losse nummers ƒ 6,30 (incl. BTW).

Het abonnement kan elk gewenst moment ingaan en wordt automatisch verlengd, tenzij 2 maanden vóór vervaldatum schriftelijk is opgezegd.

Uitgave, abonnementen en advertenties:
Tijl Tijdschriften bv.
Jaques Veltmanstraat 29-31
1065 EG Amsterdam
Tel. 020-172829/174855
Telex: 15230
84/1
Geldend advertentietarief:
15 december 1983

Druk:
Tijl Grafisch Bedrijf B.V.
Blaloweg 20,
8041 AH Zwolle.

Member of IPPO
(International Packaging Press Organization).

Voorpagina: zonnesimulator

pag. 148: Zwembadverwarming met behulp van zonnecollectoren

TNO PROJECT

12e jaargang nr. 4
april 1984

Orgaan van de Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO

ZONNIG PERSPECTIEF

Van 30 april tot 4 mei wordt in het RAI-complex in Amsterdam een conferentie gewijd aan het gebruik van zonne-energie voor verwarmingsdoeleinden. Het is een internationaal congres, opgezet door de Europese Commissie. Na twee periodes van vier jaar waarin men gewerkt heeft aan research- en ontwikkelingsprogramma's, roept men nu de onderzoekers bijeen om van gedachten te wisselen en nieuwe initiatieven uit te werken. Ook deskundigen uit niet EEG-landen worden hierbij betrokken. TNO heeft de afgelopen acht jaar een aanzienlijke inbreng gehad in de onderzoekprojecten van de EEG, en dat is aanleiding geweest om de organisatie van het congres aan TNO op te dragen. De wetenschappelijke verantwoordelijkheid ligt bij de Technisch Physische Dienst TNO-TH. In totaal worden op dit congres 230 papers gepresenteerd, waarvan 67 mondeling. De overige komen aan bod in de zogenaamde postersessies, waar bespreking in kleine kring mogelijk is. Alle aspecten van het onderzoeks- en ontwikkelingswerk van de laatste tien jaar komen tijdens dit congres ter sprake. Zo worden ruim 50 bijdragen gewijd aan de 'tweede generatie zonne-energie installaties', voor een groot deel te presenteren door de industrie. Hieruit kan worden afgeleid dat de praktische toepassingen van zonne-energie steeds dichter het stadium van volwassenheid naderen. Dit blijkt ook uit analyses van de marktomvang nu en de verwachting voor de komende jaren. Op dit moment is in Europa ruim een miljoen vierkante meter collector-oppervlak geïnstalleerd in woningen, naar schatting is het oppervlak in Amerika en Japan samen twintig keer zo groot. Ook in de agrarische sector, de industrie en zwembaden wordt een aanzienlijke groei verwacht. De laatste jaren zijn belangrijke vorderingen gemaakt met het ontwerpen van efficiënte opslagsystemen. Voor het vergelijken en beoordelen van deze systemen worden testprocedures in EEG-verband ontwikkeld.
In dit nummer van TNO Project laten wij een aantal deskundigen die ook tijdens het congres aan het woord zullen komen, een nadere toelichting geven op de ontwikkeligen binnen hun specialiteit. Oordeelt u zelf hoe het door hen beschreven perspectief is.

REDACTIE

INHOUD

TNO PROJECT

12e jaargang nr. 4
april 1984

De verantwoordelijkheid voor de inhoud van artikelen onder naam berust bij de auteurs.

De redactie stelt reacties op prijs. Zenden aan: Redactie TNO Project, Postbus 297, 2501 BD Den Haag.

Indien u inlichtingen wenst over de organisatie TNO, de instituten en de werkgebieden kunt u zich wenden tot de:
Centrale Stafafdeling In- en Externe Communicatie TNO, Postbus 297 2501 BD Den Haag: telefoon 070-814481.

ZONNE-ENERGIE



C. W. J. VAN KOPPEN

DE TOEKOMST VAN ZONNE-ENERGIE ZAL IN DE VOLGENDE EEUW BEGINNEN

Spreken over de toekomst van zonne-energie is zeer riskant. De toekomst voorspellen valt buiten de menselijke vermogens, zeker bij een onderwerp als zonne-energie, waar intensief onderzoek pas tien jaar geleden op gang is gekomen en de belangrijkste ontdekkingen en uitvindingen misschien nog jaren op zich zullen laten wachten. Derhalve dient eerst de vraag te worden gesteld welke methode eventueel geschikt is voor de taak die in de titel van dit artikel ligt besloten. Uit de aard van deze methode volgt dan tevens de aard van de te verwachten resultaten. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het – naar de mening van de auteur – absoluut noodzakelijk eerst de tijdschaal van het onderwerp vast te stellen. Het zal zeker nog lange tijd duren voordat zonne-energie op grote schaal wordt gebruikt.



C. W. J. van Koppen (57) studeerde in 1950 af aan de Technische Hogeschool Delft in de vliegtuigbouwkunde. Na een dienstverband van twee jaar bij het Laboratorium voor Aëro- en Hydrodynamica van de TH Delft trad hij in dienst van de Verenigde Machinefabrieken (VMF) te Amsterdam waar hij aerodynamisch onderzoek deed. In 1971 werd hij benoemd tot hoogleraar voor warmtetechniek aan de Technische Hogeschool Eindhoven, afdeling Werktuigbouwkunde, en in 1973 volgde zijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar van de TH Delft.

De geschiedenis leert dat de invoering van belangrijke technologische veranderingen op regionale schaal ten minste vijftig jaar kost, en op mondiale schaal honderd jaar of nog langer. En dit geldt eveneens voor het in praktijk brengen van de zonne-technologie, wil deze tenminste werkelijk een rol van betekenis gaan spelen in de energievoorziening. De tijdschaal die we voor ons onderwerp moeten hanteren, komt daarmee overeen. Hieruit kunnen we onmiddellijk de volgende drie conclusies trekken voor de meest geschikte methode van aanpak:

– De structuur van vraag en aanbod van energie op een tijdstip in de volgende eeuw dient als achtergrond voor onze overwegingen te worden genomen;
– behalve de huidige kennis over zonne-energie dienen ook waarschijnlijke, of tenminste mogelijke lange-termijnontwikkelingen een rol te spelen; en
– alleen de grote lijnen zijn van belang en gedetailleerde beschouwingen dienen te worden vermeden.

Uiteraard zijn de resultaten die met deze aanpak kunnen worden verkregen, eveneens van algemene en benaderende aard.

Bij het toepassen van de methode is gekozen voor de volgende vorm:

– Om het verwarrende effect van uitzonderlijk grote getallen uit te schakelen, zullen alle gegevens en uitkomsten – waar mogelijk – per capita worden uitgedrukt en niet als regionale of mondiale totaalcijfers worden gepresenteerd.
– In de onderlinge afweging van de verschillende systemen zijn de jaarlijkse kosten voor kapitaal + onderhoud + afschrijving telkens gesteld op 12% van het totale investeringsbedrag (wat onder andere inhoudt een levensduur van twintig jaar of langer, een bescheiden (werkelijke) rente en een beperkte mate van onderhoud). Met een verdergaande inflatie is geen rekening gehouden.
– Bewolkte en zonnige klimaatzones worden eenvoudig van elkaar onderscheiden door uit te gaan van een jaarlijks zonbestralingsniveau (insolatie) van respectievelijk 100 W/m^2 en 250 W/m^2.

Met behulp van deze benaderende richtlijnen zullen we eerst de mondiale vooruitzichten van zonne-energie onderzoeken en enkele regionale aspecten bespreken. Tot slot van het artikel volgen dan nog enkele opmerkingen over de weg die wellicht uiteindelijk zal leiden tot een grootscheepse toepassing van zonne-energie.

Vraag en aanbod

De structuur van vraag en aanbod van energie op wereldschaal in de eerste helft van de volgende eeuw is het onderwerp geweest van veel recent onderzoek. Onder de meer omvattende studies die ook met economische en andere beperkingen en de effecten van energie opslag rekening houden, en die gedetailleerd aandacht besteden aan de blijvende energiebronnen, neemt het onderzoek van het International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 'Energy in a finite world' (Ballinger, 1981), de eerste plaats in. De uitkomsten van deze studie wijzen erop dat tegen het jaar 2030 de primaire energiebehoefte in de wereld met een factor 3,5 zal zijn toegenomen tot ongeveer 0,9 x 10^{21} J per jaar (28 TW per jaar). Dit als gevolg van een verdubbeling van de wereldbevolking tot acht miljard en een bijna verdubbeling van de gemiddelde energiebehoefte per capita tot 3,5 kW. Uit schattingen van het eindverbruik tegen die tijd voor de verschillende wereldstreken blijkt, dat de ongelijkheid in energieverbruik blijft bestaan. De schattingen lopen uiteen van 0,7 kW per capita voor Afrika en Zuidoost-Azië (nu 0,2 kW) tot 10 kW voor Noord-Amerika (nu 8 kW), terwijl de andere streken hier ergens tussen in liggen. Het gemiddelde eindverbruik zal naar schatting stijgen tot ongeveer 2,3 kW per capita, hetgeen overeenkomt met een wereldtotaal van 0,6 x 10^{21} J per jaar (18,2 TW per jaar).

Voor onze doelstellingen zijn vooral van belang de conclusies in de studie van het IIASA over het aandeel van vloeibare brandstoffen en elektriciteit in het eindverbruik. De verwachting is dat vloeibare brandstoffen (vanwege het voortdurende en toenemende belang van transport in een groeiende wereldeconomie, de grondstoffenbehoefte van de petrochemische industrie en hun geschiktheid voor kleinschalig gebruik) ongeveer 45% van het eindverbruik zullen uitmaken. Doordat de meeste conventionele oliebronnen tegen die tijd op-

droogd zijn, zal de vraag naar vloeibare brandstoffen deel moeten worden opgevangen met synthetische vloeibare brandstoffen uit steenkool.
Het aandeel van elektriciteit in het totale eindverbruik zal naar schatting de 20% niet overschrijden vanwege de relatief hoge kosten voor elektriciteitsopwekking. Snelle kweekreactoren zullen naar verwachting in deze sector een overheersende rol spelen ten gevolge van de prijsverhoudingen tussen primaire energiedragers. Hydro-elektriciteit echter zal tegen die tijd volledig benut worden en ongeveer een kwart (5-6%) kunnen bijdragen. De overblijvende 35% van het totale energieverbruik moet worden gedekt door aardgas, steenkool, hout of andere biomassa, of 'zachte zonne-energie', al naar gelang de plaatselijke omstandigheden. In deze categorie gaat het met name om proceswarmte en huisverwarming. De bijdrage van de 'zachte zonne-energie' heeft hoofdzakelijk betrekking op het particulier gebruik van zonne-collectoren op daken van huizen (vandaar de naam). Het aandeel van de zachte zonne-energie binnen de eigen categorie kan oplopen tot een vijfde (7%).
Hiermee hebben we een zo volledig mogelijk beeld gegeven van de energiestructuur die zou kunnen gelden op een tijdstip ergens in de volgende eeuw, laten we zeggen het jaar 2030. Het heeft weinig zin te speculeren over eventuele veranderingen daarna.

Gemiddelde insolatie.
Met dit, onvermijdelijk onnauwkeurig beeld van de energiesituatie in de verre toekomst als uitgangspunt, zullen we nu verder gaan met ons onderzoek naar de toekomst van zonne-energie. Het is een bekend feit dat de energie-stroom van de zon die door de aarde wordt opgevangen, het totale energieverbruik op aarde verre overtreft. In de meeste gebieden beneden de 35ste breedtegraad bedraagt de gemiddelde jaarlijkse insolatie op een horizontaal vlak 200 W/m^2 of meer. Zo beschouwd is de lichtenergie die op een landoppervlak van 100.000 km^2 straalt (ofwel 0,7 pro mille van het aardse landoppervlak en 12,5 m^2 per capita), reeds voldoende om het eerder genoemde totale toekomstige energieverbruik van 18,2 TW per jaar te dekken. Alleen al uit deze cijfers wordt duidelijk dat de natuur geen grenzen stelt aan de toepassing van zonne-energie, zelfs niet bij een samenleving die geheel op zonne-energie is ingesteld. In plaats daarvan moet de aandacht worden gericht op technische, economische en sociale beperkingen. Laten we hiertoe eerst enkele algemene aspecten beschouwen. Als gevolg van de geringe energie van zonnestraling, nauwelijks 1000 W/m^2 bij heldere zonneschijn, worden alle zonnesystemen gekenmerkt door een relatief groot primair collectoroppervlak (p.c.o.) (de term 'primair' heeft betrekking op het oppervlak van spiegels, als deze worden toegepast. Vaak spelen de kosten van dit primaire collectoroppervlak (met inbegrip van de draagconstructie) een zo overheersende rol in de totale investering dat het gebruikelijk is geworden om de totale investering uit te drukken in de kosten per m^2 p.c.o. Als we de jaarlijkse vaste kosten afronden op 12% van de totale investering (zie hierboven), kan de prijs van de gewonnen energie gemakkelijk worden berekend indien slechts het rendement van het omzettingssysteem en het insolatie-niveau bekend zijn. We komen dan tot de vergelijking in afbeelding 1.

Verschillende klimaatzones
De uitkomsten van dergelijke berekeningen lopen sterk uiteen voor verschillende klimaatzones en omzettingssystemen. In afbeelding 2 zijn enkele typische uitkomsten in grafische vorm weergegeven, waarbij gewone lijnen de situatie van dit moment of de nabije toekomst vertegenwoordigen en stippellijnen een mogelijke situatie voorstellen in de verre toekomst. Om een onderscheid te kunnen maken tussen verschillende klimaatzones zijn twee verticale kostenassen getekend, een voor bewolkt klimaat (gemiddelde zonnestraling 100 W/m^2, bijvoorbeeld Noordwest-Europa) en een voor een uiterst zonnig klimaat (gemiddelde zonnestraling 250 W/m^2, bijvoorbeeld woestijnen). Ter vergelijking zijn eveneens de technische produktiekosten gegeven voor synthetische brandstoffen en voor elektriciteit, afkomstig van een snelle kweekreactor. Enige getallen als toelichting op de krommen zijn op hun plaats.

In overeenstemming met de drie hoofdcategorieën van de totale energiebehoefte, die in de studie van het IIASA worden genoemd, worden in afbeelding 2 ook slechts drie manieren voor de



Zonne-huis van de Technische Hogeschool in Eindhoven dat uitgerust is met Philips collectoren. Een voorbeeld van een geavanceerd fotothermisch systeem.

$$\text{Energieprijs per kWh} = \frac{(\text{kosten per m}^2\text{ p.c.o.}) \times (0{,}12 \times 1000/8766)}{(\text{gemiddelde zonnestraling W/m}^2) \times (\text{omzettingsrendement})}$$

(8766 is het aantal uren in een jaar, vermenigvuldiging met 1000 levert kW).

afbeelding 1.

omzetting van lichtenergie beschouwd:
- de foto-thermische omzetting (PT) met zonnecollectoren die warmte kunnen leveren tot een temperatuur van ongeveer 200°C;
- de foto-elektrische omzetting (PV) met halfgeleider-panelen die elektriciteit leveren, en
- de foto-chemische omzetting (PF) met kunstmatige fotosynthesecellen die chemische energiedragers leveren zoals waterstof of lichte koolwaterstoffen.

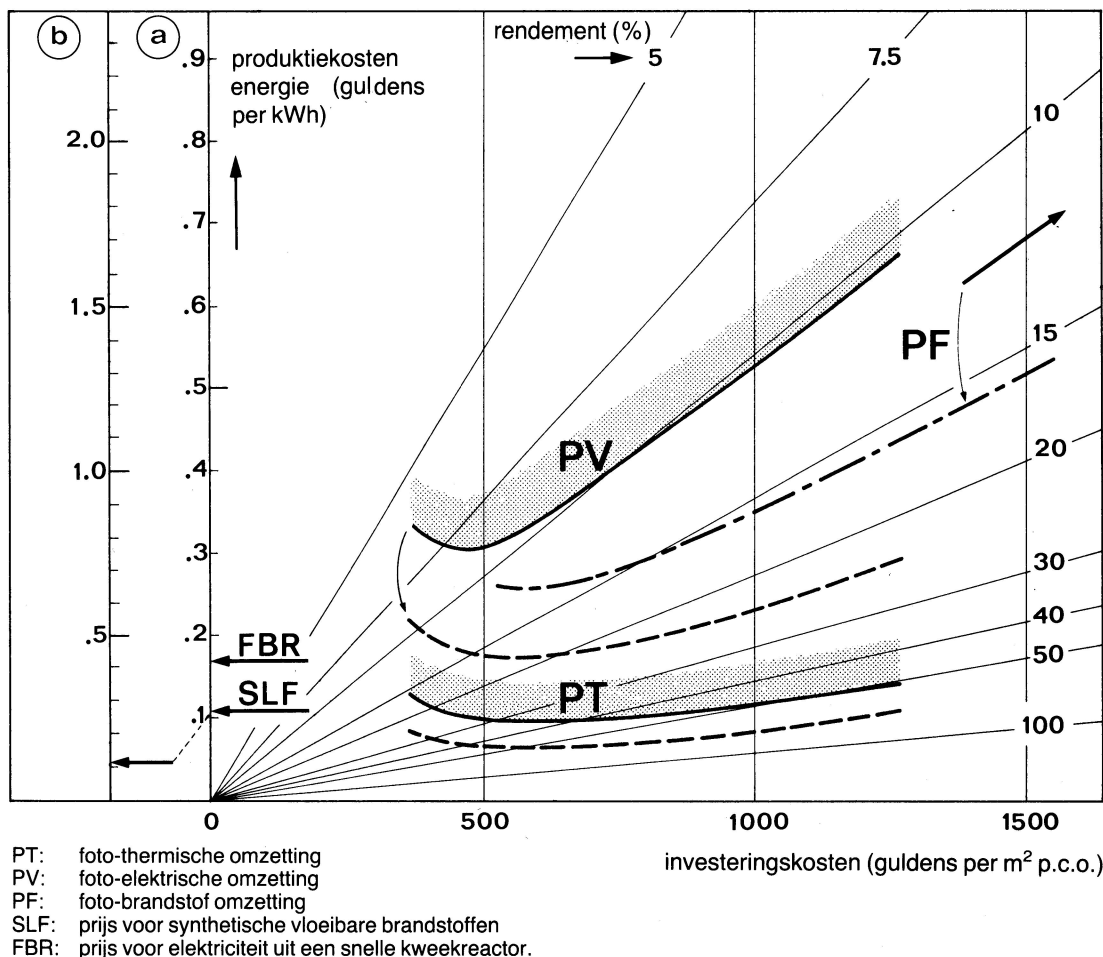
Het zogenaamde indirecte gebruik van zonne-energie, zoals biomassa en windenergie, is niet in de berekeningen opgenomen omdat dit naar verwachting voornamelijk van regionaal belang zal blijven en nooit meer dan 5-10% van de totale wereldbehoefte zal kunnen dekken.

De investeringskosten voor de huidige foto-thermische systemen variëren van ongeveer *f* 400,—/m² p.c.o. voor eenvoudige vlakke-plaatcollectoren op afzonderlijke daken tot *f* 1000,—/m² p.c.o. en meer, voor zelfstandige systemen met collectoren van hoge kwaliteit. Het bijbehorende rendement loopt uiteen van 20% tot ongeveer 50%, mits de systemen niet te groot bemeten zijn. Toepassing van de bovenstaande vergelijking en een tamelijk intuïtieve interpolatie tussen de beide grenswaarden levert ons de curve PT in afbeelding 2 voor de kosten van de gewonnen warmte. Op lange termijn zullen de investeringskosten naar verwachting dalen door serieproduktie en mag een hoger rendement worden verwacht van nieuwe technische ontwikkelingen. Er is echter weinig reden om aan te nemen dat de warmtekosten ooit zullen afnemen tot beneden de stippellijn. Daarom nemen we aan dat deze lijn de kosten voor zonnewarmte in de verre toekomst aangeeft.

Concurreren

Behalve in gevallen waarin hout of andere biomassa in voldoende mate voorhanden is, zullen fotothermische systemen overwegend moeten concurreren met vloeibare brandstoffen. Uit de schattingen van het IIASA volgt dat synthetische vloeibare brandstoffen in de verre toekomst wat de energieprijzen betreft de leiding zullen hebben. De produktiekosten voor deze brandstoffen (transport- en distributiekosten buiten beschouwing gelaten) worden momenteel geschat op 60$ per vat, hetgeen ongeveer overeenkomt met *f* 0,11/kWh. Een vergelijking van deze prijs met de fotothermische krommen (PT) in afbeelding 2 toont aan hoe aantrekkelijk fotothermische energiewinning in zonnige klimaatzones wordt (*f* 0,06/kWh) en hoe redelijk de vooruitzichten zelfs in bewolkte klimaatzones op hogere breedte zijn (*f* 0,15/kWh). Dat laatste met name vanwege de distributiekosten: vandaag de dag bedraagt de prijs die de consument in Noordwest-Europa voor zijn huisbrandstof moet betalen reeds *f* 0,08 tot *f* 0,12/kWh. Ten behoeve van de bespreking die we straks zullen wijden aan de weg die kan leiden tot een toekomstige zonne-energievoorziening, is het van belang iets te zeggen over de investering waar we bij fotothermische systemen aan moeten denken. Het collectoroppervlak dat gemiddeld (per capita) nodig is om 35% van de totale

Afbeelding 2. Benaderend beeld van de prijzen voor zonne-energie op dit moment of in de nabije toekomst (-) en in de verre toekomst (—). De prijsassen a en b hebben betrekking op een jaarlijkse insolatie van resp. 250 W/m² en 100 W/m².



PT: foto-thermische omzetting
PV: foto-elektrische omzetting
PF: foto-brandstof omzetting
SLF: prijs voor synthetische vloeibare brandstoffen
FBR: prijs voor elektriciteit uit een snelle kweekreactor.

energiebehoefte (0,8 kW) te dekken, kan gemakkelijk worden berekend en bedraagt 6,5 m^2 bij een jaarlijkse insolatie van 250 W/m^2 tot 16 m^2 bij 100 W/m^2 (rendement 50%). Wanneer de systeemkosten ƒ 500,—/m^2 bedragen, komt dit neer op een investering van ƒ 3300,— tot ƒ 8.000,—.

Om elektriciteit op te wekken uit zonne-energie worden thans zowel foto-elektrische als foto-thermodynamische systemen ontwikkeld. De meningen verschillen nog over de vraag welk systeem hiervan uiteindelijk het voordeligst zal blijken te zijn. We kunnen hier dan ook volstaan met het bespreken van een van beide systemen. Gekozen is voor de foto-elektrische omzetting, omdat hierover meer gegevens beschikbaar zijn als het gaat om de meest waarschijnlijke produktiekosten in de toekomst (Vanwege de snelle ontwikkelingen is het huidige prijsniveau niet van belang).

Men gaat er algemeen vanuit dat de kosten voor een geïnstalleerd systeem met foto-elektrische generatoren, bijvoorbeeld met cellen van polykristallijn silicium, binnen vijftien jaar zullen dalen van ƒ 30,— à ƒ 60,— nu per 'piek Watt' (wp d.w.z. heldere zonneschijn) tot ƒ 5,— à ƒ 10,—. Het verschil schuilt voornamelijk in de uiteenlopende eisen (bijvoorbeeld wat opslag betreft) die onder verschillende omstandigheden gelden. Tegelijkertijd zou de wereldproduktie kunnen toenemen van 10 MWp nu tot 5000 MWp of meer per jaar (jaarlijkse toename 30%, thans 50%!). Het rendement van de verschillende systemen zou in dezelfde periode kunnen toenemen van 7% nu tot 10% als gevolg van voortgezette onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten. Als we deze cijfers combineren komen we, nog steeds uitgaande van een afgerond percentage vaste kosten van 12%, voor de produktiekosten van 'foto-elektriciteit' in de nabije toekomst uit op de lijn PV in afbeelding 2. De opwaartse krul van deze kromme aan het linkeruiteinde geeft de toepassing weer van goedkope foto-elektrische materialen met een laag rendement die aantrekkelijk kunnen zijn voor kleine en betrekkelijk eenvoudige systemen.

Rendementsverbeteringen

De technische produktiekosten van foto-elektriciteit tegen het jaar 2030 hangen sterk af van de rendementsverbeteringen die tegen die tijd zullen zijn bereikt. Theoretisch zijn omzettingen mogelijk met een rendement van 60-70% bij het gebruik van zogenaamde 'multi-bandgap' cellen en op dit moment is een rendement van 20% voor wat eenvoudigere cellen in de laboratoria al niet meer uitzonderlijk. Als we daarom aannemen dat een rendement van 20-25% over 50 jaar niet te hoog geschat is, zou de stippellijn PV in afbeelding 2 wel eens een juiste weergave kunnen zijn van de produktiekosten van foto-elektriciteit in de verre toekomst. Bij deze aanname gaan we er overigens tevens vanuit dat ook de investeringskosten voor draagconstructies, regelsystemen en andere benodigdheden aanzienlijk kunnen worden teruggebracht, hetgeen voorlopig nog een vraag blijft.

Uit het onderzoek van het IIASA volgt dat voor grootschalige toepassingen de foto-elektriciteit voornamelijk zal moeten wedijveren met elektriciteit uit de snelle kweekreactoren van het jaar 2030. Uit de schaarse gegevens over deze reactoren leiden we een investering af van ƒ 6000,— per kW opwekkingscapaciteit, een belastingsfactor van 60% en brandstofkosten tot 20% van de totale kosten. Met dit alles komen we dan op een afgeronde elektriciteitsprijs van ƒ 0,17/kWh. Dit ligt erg dicht bij de hierboven gegeven schatting voor foto-elektriciteit in de verre toekomst.

Aangezien de transportkosten voor elektrische energie zelfs over grote afstanden nog geen tiende deel uitmaken van de produktiekosten, heeft het weinig zin hier onderscheid te maken tussen verschillende klimaatzones.

Aangezien de transportkosten voor elektrische energie zelfs over grote afstanden nog geen tiende deel uitmaken van de produktiekosten, heeft het weinig zin hier onderscheid te maken tussen verschillende klimaatzones. Uiteraard zullen de grote foto-elektrische installaties alleen in zonnige streken worden gebouwd. Het benodigde primaire collectoroppervlak per capita dat nodig is om tegemoet te komen aan de elektriciteitsbehoefte van 20% (0,5 kW) van het totale energieverbruik, zoals die uit de berekeningen van het IIASA naar voren komt, bedraagt ongeveer acht vierkante meter (bij een rendement van 25%) en de bijbehorende investering zal ruwweg ƒ 6.000,— belopen.

Water ontleden

In 1973 werd ontdekt hoe licht kan worden gebruikt om water te ontleden in waterstof en zuurstof. In 1979 werd een kunstmatig proces voor de foto-synthese van methaan uit water en kooldioxide ontwikkeld. Deze twee laboratoriumresultaten geven een beeld van het prille ontwikkelingsstadium van wat zonder meer de meest bruikbare vorm van zonne-energie zou zijn: de produktie van gemakkelijk te bewaren en te vervoeren energiedragers. Voor zover bekend is het theoretisch rendement voor de foto-brandstof omzettingsprocessen beperkt tot 30%, terwijl in het laboratorium reeds een rendement wordt bereikt van 12%. Wel dienen nog een aantal enorme problemen te worden overwonnen met betrekking tot de stabiliteit en levensduur van de omzettingscellen. Hiermee zullen nog tientallen jaren van intensief onderzoek gemoeid zijn.

En zelfs als deze inspanningen met succes worden bekroond, blijft de economische levensvatbaarheid van dergelijke systemen twijfelachtig. Vanwege de fundamentele overeenkomsten tussen foto-brandstof en foto-elektrische omzettingsprocessen zullen de kosten voor foto-brandstof omzettingssystemen waarschijnlijk minstens even groot zijn als voor foto-elektrische systemen. Daarmee komen dan de kosten voor 'foto-brandstoffen' op gelijke hoogte met die voor foto-elektriciteit (zeg afgerond op ƒ 0,20/kW), terwijl ze het dubbele bedragen van de kosten voor synthetische vloeibare brandstoffen. Uitgaande van wat we nu weten, kunnen we dus alleen maar concluderen dat foto-brandstoffen geen enkele rol zullen spelen in de energievoorziening van de komende vijftig jaar. Om een wijziging van deze conclusie te rechtvaardigen zijn een aantal belangrijke wetenschappelijke doorbraken noodzakelijk.

Vanwege de mogelijkheid foto-elektriciteit toe te passen voor bijvoorbeeld de elektrolyse van water, is het technisch denkbaar om op een dergelijke manier secundaire foto-brandstoffen te produceren. Dit levert ons de enige thans mogelijke schatting voor de produktiekosten van foto-brandstoffen. In afbeelding 2 wordt deze schatting weergegeven door de gebroken lijn PF, waarbij is uitgegaan van een rendement van 67% voor omzetting van elektriciteit naar brandstof. Er is verder geen rekening gehouden met investeringskosten voor elektrolytische apparatuur en eventuele besparingen in bijkomende systeemkosten voor het foto-elektrische systeem. In het (onwaarschijnlijke) geval dat dergelijke omzettingssystemen licht-elektriciteit-brandstof de uit het onderzoek van het IIASA naar voren gekomen behoefte aan vloeibare brandstof zouden moeten dekken, zou het benodigde primaire collectoroppervlak per capita uitkomen op zo'n 27 vierkante meter. De bijbehorende investering zou in dat geval ongeveer ƒ 20.000,— bedragen.

Distributie

Tot hiertoe was het gerechtvaardigd de toekomst van zonne-energie voornamelijk vanuit een mondiaal gezichtspunt te bespreken, omdat de prijzen op de wereldmarkt niet ver uit elkaar liggen en de wetenschappelijke en technische aspecten algemene geldigheid hebben. Wanneer we echter nu onze aandacht willen richten op de weg die naar deze toekomst leidt, worden we gedwongen duidelijker onderscheid te maken tussen de verschillende streken. De voornaamste aspecten die hierbij aan de orde komen zijn levensstandaard, klimaat en concentratie van energieverbruik. Dat laatste in verband met de invloed op de distributiekosten.

Over het algemeen worden de rijke landen gekenmerkt door een geconcentreerd energieverbruik (steden, zware industrie), waarbij slechts een klein deel van de energiebehoefte gelokaliseerd is in dun bevolkte landbouw-, bos- en berggebieden. Daardoor zijn de gemiddelde distributiekosten relatief laag, behalve voor een aantal verafgelegen punten. In bijna alle ontwikkelingslanden daarentegen woont het merendeel van de bevolking in kleine dorpjes op het platteland, waardoor hoge distributiekosten ontstaan, mede door het lage energieverbruik per capita. Zoals we hebben gezien liggen de investeringskosten voor alle soorten zonne-systemen vrij hoog (met als uitzondering bepaalde vormen van passieve winning van zonne-energie, zoals raampartijen op het zuiden, waar we in het voorafgaande niet op in zijn gegaan). Onder deze omstandigheden zal het gebruik van zonne-energie in de ontwikkelingslanden in de komende tientallen jaren over het algemeen beperkt blijven tot enkele essentiële toepassingen waarin zonne-energie goedkoper is (in ruime zin) dan *helemaal geen energie* (bijvoorbeeld de gezondheidszorg, irrigatie, communicatie en in sommige gevallen voedselopslag). Zowel foto-elektrische (of foto-thermodynamische) als zeer eenvoudige foto-thermische systemen zullen hier naar verwachting op kleine schaal toepassing vinden. In steden zijn de distributiekosten laag en toepassingen van zonne-energie zullen uitzondering blijven totdat het gebruik van synthetische vloeibare brandstoffen ingang vindt.

Een maatschappij die uitsluitend gebruik maakt van zonne-energie ligt nog ver in het verschiet.

In de rijke landen daarentegen zal het gebruik van zonne-energie voornamelijk afhangen van de economische voordelen die eraan verbonden zijn, vergeleken met de conventionele manieren van energievoorziening. In dit verband is het van belang dat de distributiekosten voor foto-thermische energie van dakcollectoren vrijwel nihil zijn, terwijl ze voor de meeste brandstoffen tamelijk hoog liggen. Als gevolg hiervan zijn bijvoorbeeld de huidige prijzen die consumenten in Europa voor huisbrandstof moeten betalen, nauwelijks lager dan de produktiekosten voor synthetische vloeibare brandstoffen, zoals aangegeven in afbeelding 2. Het beeld dat figuur 2 geeft is daarom te conservatief voor de zachte vorm van zonnewarmte en het wekt geen verwondering dat in de gunstige klimaatzones (Zuid-Europa, maar ook Israël, de Verenigde Staten, Japan en Australië) het gebruik van bijvoorbeeld zonneboilers reeds nu een snel stijgende lijn vertoont. Zonder twijfel zal dit soort toepassingen ook doordringen tot de minder gunstige klimaatzones als de goed toegankelijke voorraden olie verder uitgeput raken.

De huidige snelle toename in de verkoop van foto-elektrische systemen in de rijke landen komt voornamelijk voort uit de economische voordelen die deze systemen hebben voor afgelegen gebieden. Wat we daar precies onder moeten verstaan is overigens niet erg duidelijk en in de praktijk zien we dan ook een doorlopende schaal van meer of minder afgelegen gebieden. Hierbij komt dan nog dat er ook een doorlopende schaal is van min of meer gunstige klimaatzones voor de produktie van foto-elektriciteit, alsmede een reeks van min of meer geschikte patronen van elektriciteitsbehoefte. Voorspellingen over een toenemend aantal foto-elektrische toepassingen vinden hun grondslag in de zekerheid dat wat de foto-elektrische technologie betreft, alle stappen in voorwaartse richting het aantal economisch aantrekkelijke toepassingen alleen maar zullen verhogen.

De mate van deze groei is dan ook hoofdzakelijk afhankelijk van de mate van technologische vooruitgang. Zoals vermeld, zijn de verwachtingen op dit punt hoog gespannen, niet in de laatste plaats door de ervaringen van de laatste tien jaar en de huidige resultaten in de laboratoria. Er dient evenwel rekening mee gehouden te worden dat uiteindelijk ook economische en politieke beperkingen een rol zullen gaan spelen. Reeds eerder is erop gewezen dat het economisch niet haalbaar is om grote foto-elektrische generatoren in te zetten voor de levering van elektriciteit aan het openbare net in bewolkte klimaatzones als Noordwest-Europa. Wanneer echter foto-elektriciteit (of foto-thermodynamische elektriciteit) moet worden betrokken uit foto-elektrische krachtstations in Zuid-Europa of Noord-Afrika, ontstaat een vorm van energie-afhankelijkheid die niet mag worden onderschat. Daarnaast zouden de bijbehorende investeringskosten grotendeels door de consumenten zelf opgebracht moeten worden. Bij een gemiddeld elektriciteitsverbruik van bijvoorbeeld 1,6 kW (e) (ofwel 20% van 8 kW) zou de investering neerkomen op niet minder dan *f* 20.000,— *per capita* (bij een insolatie van 250 W/m^2, een rendement van 25% en systeemkosten van *f* 750,—/m^2 p.c.o.) Zelfs rijke landen kunnen zich dergelijke investeringen alleen veroorloven wanneer deze over vele tientallen jaren worden uitgesmeerd.

Opslagproblemen

Een maatschappij die uitsluitend gebruik maakt van zonne-energie ligt nog ver in het verschiet. Als het al ooit zover zal komen, zal een dergelijke maatschappij zich ontwikkelen uit een maatschappij waarin waarschijnlijk steenkool, splijtingsenergie van snelle kweekreactoren en synthetische vloeibare brandstoffen naast zonne-energie de voornaamste plaatsen innemen (met wellicht kernfusie). Dit betekent onder meer dat in het begin de problemen van het op korte termijn in evenwicht houden van vraag en aanbod, of met andere woorden, het probleem van de opslag van energie, voornamelijk met deze 'conventionele' energiebronnen kan worden opgelost. Dit komt overeen met de huidige benadering van zonne-systemen. Uiteindelijk zal echter het opslagprobleem moeten worden opgelost om een maatschappij mogelijk te maken, die uitsluitend zonne-energie gebruikt. Met name voor gebieden die worden gekenmerkt door langdurige perioden met lage insolatie. Dit inzicht is niet nieuw en vele opslagsystemen voor zonne-energie zijn reeds voorgesteld. Slechts enkele daarvan hebben enige kans ook werkelijk economisch levensvatbaar te zijn (bijvoorbeeld de seizoen opslag van warmte in de bodem of in grote watermassa's). Een wat algemenere oplossing is nog niet in zicht. Hoogstwaarschijnlijk moeten we onze enige werkelijke hoop richten op verdere pogingen energie in vloeibare energiedragers op te slaan. Hiermee wordt nog eens beklemtoond hoe vitaal onderzoek naar foto-brandstof omzettingsprocessen is, ongeacht de povere vooruitzichten op korte termijn.

De toekomst van zonne-energie zal uiteindelijk pas in de volgende eeuw aan het licht komen. ■

K. JOON

NATIONAAL ONDERZOEK ZONNE-ENERGIE: EEN MULTIDISCIPLINAIR PROGRAMMA

De olie-perikelen van de jaren zeventig hebben twee belangrijke punten nog eens nadrukkelijk onderstreept. Ten eerste is het levensgevaarlijk om voor de energievoorziening afhankelijk te zijn van slechts één brandstofbron, die bovendien niet onuitputtelijk is. Voorts ontvangt de aarde van de zon een hoeveelheid energie die dermate veel groter is dan de behoefte, dat hiervan – in principe zonder gevaar – ongelimiteerd gebruik gemaakt kan worden. Als gevolg hiervan zijn thans over de gehele wereld ingenieurs en architecten bezig met het ontwerpen en verwezenlijken van installaties en gebouwen, die de afhankelijkheid van brandstoffen moeten terugdringen. Daarnaast zijn, nationaal en internationaal, goed gecoördineerde en volwassen onderzoek- en ontwikkelingsprogramma's van de grond gekomen met als doel onze meest conventionele energiebron zo snel en zó efficiënt mogelijk technisch en economisch exploiteerbaar te maken. Zo ook in Nederland.



K. Joon studeerde wiskunde en natuurwetenschappen aan de Universiteit van Amsterdam met als hoofdvak radio- en stralenchemie (1961). Vervolgens werkte hij twee jaar bij het Prins Maurits Laboratorium TNO te Rijswijk. In oktober 1963 trad hij in dienst van het toenmalige Reactor Centrum Nederland en werd hij gedetacheerd bij het Institutt for Atomenergi te Kjeller, Noorwegen. Tevens was hij van 1968 tot 1973 als docent verbonden aan de Nederlands-Noorse Reactorschool. In 1977 volgde zijn terugkeer naar Nederland, waar hij werd belast met de voorbereiding en het management van het Nationaal Onderzoekprogramma Zonne-energie (NOZ).

De zon is 's werelds oudste, betrouwbaarste en overvloedigste energieleverancier. Het inkomende zonlicht wordt, afhankelijk van de lokale omstandigheden aan het aardoppervlak en in de luchtmassa's daarboven omgezet in een grote verscheidenheid van andere energievormen. Deze hebben het karakter van energie-opslag. Hierdoor kan aan de inkomende energiestroom een zekere verblijftijd worden toegekend alvorens deze weer verdwijnt in de ruimte. Deze verblijftijd kan variëren van 0 voor direct gereflecteerd zonlicht tot oneindig voor fossiele brandstoffen. Energievormen of dragers met een opslagtermijn tot circa een jaar zouden kunnen worden samengevat onder de term omgevingsenergie. Bij een termijn langer dan een jaar zou gesproken kunnen worden van brandstoffen.

Omgevingsenergie

De omgevingsenergie maakt het leven op aarde mogelijk. Alle uitingen van leven maken gebruik van een of meerdere vormen van omgevingsenergie en wel van die welke het meest geschikt voor hen zijn. Dit gebeurt op de meest eenvoudige en vaak primitieve manier. Aanvankelijk gold dit ook voor de mens. Deze ontwikkelde zich echter zowel in aantal als vernuft. Hierdoor steeg zijn energiebehoefte, waardoor hij gedwongen werd de meest voor de hand liggende gebruiksmethoden te verbeteren, andere energievormen in gebruik te nemen en de verschillende energievormen in elkaar om te zetten, zoals bijvoorbeeld watermolens, zeilschepen. Tenslotte leerde hij ook de fossiele brandstoffen te gebruiken.

De laatste ontwikkeling is tijdens de recente geschiedenis in meerdere opzichten explosief verlopen. Het heeft ertoe geleid dat we thans zo sterk afhankelijk zijn van het gebruik van brandstoffen, dat vaak geen onderscheid meer gemaakt wordt tussen de begrippen energie en brandstof. De energiecrisis was in feite slechts een oliecrisis. Energiebesparing is in de meeste gevallen slechts brandstofbesparing. Bovendien realiseert men zich maar al te vaak niet dat onze energiebehoefte nog altijd voor een belangrijk deel wordt gedekt door de natuurlijke, niet-gemanipuleerde omgevingsenergie.

De oliecrisis van tien jaar geleden was de druppel die in politiek opzicht de emmer deed overlopen. Hierdoor werd het mogelijk dat overal ter wereld in vrij korte tijd, goed gecoördineerde onderzoek- en ontwikkelingsprogramma's op gang kwamen voor het bestuderen van de mogelijkheden om vooral het brandstofverbruik te reduceren. Dit kan geschieden onder andere door het ontwikkelen van omzettingstechnieken met een hoger rendement of het substitueren van brandstoffen door conversie van een of andere vorm van omgevingsenergie.

Onder deze laatste groep valt ook zonne-energie en in Nederland worden de activiteiten op dit gebied gebundeld in het Nationaal Onderzoekprogramma Zonne-energie (NOZ).

Opzet en doel

In december 1977 gaf de minister van Economische Zaken opdracht aan het Bureau Energie Onderzoek Projecten (BEOP) van ECN (Stichting Energie-onderzoek Centrum Nederland) om het NOZ in concreto te formuleren. Uitgangspunt daarbij was een eerder in dat jaar uitgebracht advies van de Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek. Gekozen werd voor een opzet met aaneensluitende vierjaren programma's. Reeds in 1978 kon met het eerste hiervan een aanvang worden gemaakt.

Voor dit NOZ-1 waren 120 projectvoorstellen in concreto geformuleerd. Deze konden gedurende de looptijd successievelijk in uitvoering worden genomen. De opzet voor het thans lopende NOZ-2 is enigszins ruimer. Deze wordt ingevuld door jaarlijkse werkplannen waarin concrete projectvoorstellen zijn geformuleerd. Tot heden zijn circa 175 projecten in uitvoering genomen. Op dit moment is een 40-tal projecten in voorbereiding.

De projecten worden uitgevoerd in opdracht van en onder contract met ECN-BEOP. Dit bureau is verantwoordelijk voor het administratieve en het research management, de voortgangscontrole en de coördinatie. Daar het NOZ zich voornamelijk richt op het oplossen van knelpunten die de introductie van zonne-ener-

giesystemen kunnen vertragen, is het programma inhoudelijk zeer breed van opzet. Onder de uitvoerders worden dan ook vertegenwoordigers van vrijwel alle betrokken maatschappelijke geledingen gevonden zoals universiteiten en technische hogescholen, onderzoeksinstituten, architecten- en adviesbureaus van diverse disciplines, fabrikanten, installateurs, aannemers, belangengroeperingen, gebruikers, enzovoorts.
De financiering van het totale programma geschiedt voornamelijk door het ministerie van Economische Zaken. Dit stelde voor elk van beide tot heden geïnitieerde programma's 20 miljoen gulden beschikbaar. Voor het NOZ-1 is dit later uitgebreid met 6,5 miljoen gulden in verband met een groot demonstratieproject in Groningen. Voor het NOZ-2 is een apart budget beschikbaar voor veldexperimenten. Daarnaast wordt, afhankelijk van een aantal criteria, een bijdrage door de uitvoerders zelf geleverd. Voorts vindt bij een aantal projecten medefinanciering plaats door andere geïnteresseerde instanties, zoals lagere overheden en vooral ook de Europese Gemeenschap.
De aanvankelijk geformuleerde hoofddoelstelling van het NOZ is het bevorderen van een verantwoorde introductie en verbreding van de toepassing van zonne-energie in Nederland tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten. Deze doelstelling is nog steeds van kracht. Uiteraard worden per vierjarenprogramma binnen dit kader doelstellingen geformuleerd, die afhankelijk zijn van de stand van de ontwikkelingen op dat moment. Bovendien zijn tussentijdse bijstellingen hiervan niet uitgesloten.
In de hoofddoelstelling wordt als randvoorwaarde gegeven dat het accent dient te liggen op toepassing in Nederland. Daarnaast is een andere randvoorwaarde dat de hoogste prioriteit dient uit te gaan naar die omzettingstechnieken of toepassingsgebieden die op de kortste termijn de beste commerciële vooruitzichten bieden. Een en ander betekent dat de werkzaamheden binnen het NOZ zeer sterk gericht zijn op de omzetting van zon in warmte op een laag temperatuur niveau. Bovendien ligt het zwaartepunt hierbij eerder op de pre-commerciële activiteiten dan op het gebied van fundamenteel onderzoek. Niettemin is en blijft het NOZ bijzonder breed van opzet, waardoor met recht gesproken kan worden van een multidisciplinair onderzoekprogramma.
Hieronder zal dit nader worden toegelicht aan de hand van een aantal voorbeelden.



Figuur 1. Fundamenteel onderzoek: een rasterelektronen microscoop opname die de structuur van een spectraal selectief materiaal toont.

Fundamenteel onderzoek

Hoewel *fundamenteel onderzoek* in het NOZ geen grote rol speelt, wordt dit gebied uiteraard niet verwaarloosd. Wil men bijvoorbeeld gebruik maken van zonne-energie dan zal men het zonaanbod als functie van de tijd moeten kennen. Het rendement van een zonnecollector wordt mede bepaald door de buitenomstandigheden. Het systeemrendement van zonne-energie conversie-installaties wordt mede bepaald door de warmtevraag die in veel gevallen afhankelijk kan zijn van de klimatologische omstandigheden. In verband met dit alles zijn jarenlang intensieve metingen gedaan naar de intensiteit van de verschillende soorten zonnestraling en gelijktijdig optredende factoren als bewolking, troebelheid van de atmosfeer, temperatuur, windrichting en -snelheid. Met deze gegevens worden klimatologische modellen ontwikkeld en gevalideerd, welke de eerder bedoelde berekeningen mogelijk maken.
Fundamenteel onderzoek van een geheel andere aard is het onderzoek naar de eigenschappen en fysische beschrijving van *spectraal selectieve* materialen. Zoals bekend, wordt zichtbaar licht door een zwart lichaam vrijwel geheel geabsorbeerd en daarna omgezet in warmte. Bij zonne-installaties gaat het hierbij om een gezwarte metalen plaat waarvan de warmte bijvoorbeeld aan de achterzijde kan worden afgevoerd voor gebruik. Echter naar de voorzijde treden verliezen op door warmtestraling. Spectraal selectieve materialen nu hebben de eigenschap dat ze transparant zijn voor zichtbaar licht en de warmtestraling reflecteren. Door het aanbrengen van dergelijke lagen op zonnecollectoren kan derhalve een aanzienlijk groter deel van de zonne-energie worden benut en desgewenst beschikbaar worden gesteld op een hoger temperatuurniveau.
De laatste opmerking geeft reeds aan dat het NOZ zich niet uitsluitend beperkt tot produktie van warmte op laag temperatuurniveau. Evenmin beperkt het zich uitsluitend tot de produktie van warmte in het algemeen. Een voorbeeld hiervan is de ondersteuning van gericht fundamenteel onderzoek op het gebied van de *foto-elektrochemie.* Dit is een duidelijk langere termijn optie, waarbij foto-gevoelige elektroden die in een oplossing zijn geplaatst door òpvallend licht, processen in gang zetten waarbij electriciteit wordt geproduceerd of nieuwe brandstoffen, zoals waterstof of metaan, worden gevormd.

Toegepast onderzoek

Op het gebied van *toegepast onderzoek* is en wordt in het NOZ een relatief groot aantal projecten uitgevoerd. Het betreft hier onderzoekingen en studies met betrekking tot materialen, componenten en systemen. Bij de materialen ligt de nadruk op duurzaamheid, betrouwbaarheid en verwerkbaarheid. Als voorbeeld moge hier weer dienen de eerder genoemde spectraal-selectieve materialen. Het belang van de duurzaamheid van de materialen zelf, maar ook na het aanbrengen op de absorber als dunne laag, is evident. Daarnaast worden methoden ontwikkeld voor het aanbrengen van dergelijke lagen en wel tot een punt waar het bedrijfsleven ze kan overnemen en aanpassen aan de eigen specifieke eisen.
Toegepast onderzoek aan componenten, zoals bijvoorbeeld zonnecollectoren, heeft zich in eerste instantie gericht op de werking hiervan. Dit heeft onder andere geleid tot inzichten die van groot belang bleken te zijn voor de verdere ontwikkeling van deze componenten. Als logisch vervolg hierop kan genoemd worden de ontwikkeling, in internationale samenwerkingsverbanden, van gestandaardiseerde testprocedures. Voor collec-



toren gaat het hierbij om methoden ter bepaling van bijvoorbeeld het thermisch rendement, de corrosiebestendigheid, windbelasting, regeninslag, hagelbestendigheid. Dergelijke gestandaardiseerde testmethoden maken niet alleen een goede onderlinge vergelijking van verschillende fabrikaten mogelijk, maar openen ook de mogelijkheid voor het vaststellen van minimum eisen op grond waarvan normen gesteld kunnen worden en keurmerken of certificaten kunnen worden ingesteld. Dit is uiteraard van groot belang zowel voor het bedrijfsleven als voor de consument.

Vuistregels
Voorts is een uitgebreid rekenmodellenbestand opgebouwd voor een groot aantal concepten en uitvoeringsvormen van componenten en complete installaties voor de omzetting van zonne-energie in warmte voor een groot aantal toepassingen. Dit omvat het gehele scala van eenvoudige vuistregels voor ontwerpberekeningen aan eenvoudige installaties (zoals directe verwarming van zwembadwater in een collector) tot diepgaande analyse van de werking van zeer complexe systemen (zoals bijvoorbeeld een netwerk van zonne-verwarmingsinstallaties gecombineerd met andere warmtebronnen, regel- en distributiesystemen, korte en lange termijn opslag). De toepassingen liggen zowel in de woningbouwsector als in de utiliteitsbouw, de industrie en de recreatieve en agrarische sector. Het overgrote deel van de onderdelen van rekenmodellen is gevalideerd aan de hand van metingen. In de meeste gevallen is de koppeling met modellen over het klimaat en het warmtevraagpatroon tot stand gebracht. Dit laatste is nog niet het geval met economische modellen. Momenteel wordt een inventarisatie uitgevoerd van de beschikbare rekenmodellen om de omvang vast te stellen van de nog benodigde ontwikkelingen validaties en systeemanalyses. Tevens zal dit moeten leiden tot aanbevelingen ten aanzien van referentie-rekenmethoden, welke dezelfde functie hebben als de hierboven reeds genoemde testprocedures. De werkzaamheden op het gebied van modelontwikkeling en systeemanalyses leveren een zeer belangrijke bijdrage aan de kennis over werking en toepassingsmogelijkheden van zonne-energie installaties en daarmee aan een verantwoorde verdere ontwikkeling hiervan.

Praktijkexperiment
Een belangrijk bijdrage tot het toegepast onderzoek wordt ook geleverd door de Pilot Test Facility. Hiermee kunnen, onder praktijkomstandigheden doch met een gesimuleerde warmtevraag, nauwkeurige meetgegevens worden verkregen ten behoeve van het valideren van rekenmodellen voor systemen en deelsystemen. Onder dezelfde omstandigheden kunnen systeemanalyses worden verricht en nieuw ontwikkelde componenten als onderdeel van het complete systeem worden beproefd. De PTF, waarin ook de installaties voor rendementstesten van collectoren zijn ondergebracht, wordt voor het NOZ bedreven door de afdeling Warmte-instrumentatie van de Technisch Physische Dienst TH-TNO. Het resultaat van het onderzoek en vroege ontwikkelingswerk is in het algemeen een concept. Hiervan zal het 'proof of principle' geleverd moeten worden door middel van een *praktijkexperiment*. Voor bijvoorbeeld de reeds eerder genoemde spectraal selectieve lagen betekent dit dan een experimentele industriële produktie op beperkte schaal. Voor ontwikkelde installatie-concepten betekent het realisatie van een of enkele systemen en beproeving daarvan in het beoogde toepassingsgebied. Zo zijn in het kader van het NOZ systemen verwezenlijkt voor de bereiding van warm tapwater en voor een combinatie van tapwater- en ruimteverwarming in de woningbouw, douchewaterverwarming in de recreatieve en utilitaire sector, zwembadverwarming, waterverwarming voor de voederbereiding van mestkalveren en het drogen van bloembollen in de agrarische sector, en dergelijke.

Zwembadverwarming met behulp van zonne-energie te Alphen aan den Rijn.

Bij projecten op dit gebied, die voornamelijk getrokken worden door de onderzoekswereld, blijkt in het algemeen dat de eerste generatie installaties, gedeeltelijk opzettelijk, ingewikkeld zijn en daardoor duur en niet voor toepassing op uitgebreide schaal geschikt. Bovendien vertonen zij relatief veel aanloopproblemen die echter eenvoudig te verhelpen zijn, waarna deze installaties naar verwachting blijken te kunnen werken. Deze projecten leveren in het algemeen een schat aan kennis en ervaring op, die van groot belang is voor de verdere ontwikkelingen in de richting van het commerciële sta-

dium. Daarnaast zijn in het kader van het NOZ metingen verricht aan installaties die ontworpen en gerealiseerd waren door derden. In het algemeen zijn deze installaties eenvoudiger en goedkoper. Maar in een aantal gevallen bleek achteraf onvoldoende kennis en ervaring bij de ontwerper of de uitvoerder aanwezig te zijn geweest, hetgeen resulteerde in moeilijk te herstellen ontwerpfouten en een niet voldoen aan de verwachtingen. Er wordt dan ook naar gestreefd het bedrijfsleven zo vroeg mogelijk bij onderzoek en ontwikkelingsactiviteiten te betrekken om het tijdig te kunnen voorzien van de benodigde kennis en ervaring. Vooral bij de voorbereiding, realisatie en nazorg van praktijkexperimenten is een intensieve samenwerking tussen onderzoek en bedrijfsleven essentieel gebleken.

Produktontwikkeling

De resultaten die verkregen worden in de praktijkexperimenten, zeker wanneer deze worden uitgevoerd met zogenaamde 'eerste generatie installaties', kunnen aanleiding geven tot hernieuwde systeemanalyses en optimalisatiestudies, alsmede tot verdere produktontwikkelingen. Wanneer deze succes hebben zullen ook praktijkexperimenten met tweede en zelfs derde generatiesystemen noodzakelijk zijn. De hier bedoelde *produktontwikkelingen* maken eveneens deel uit van het NOZ. Het gaat hierbij dan onder meer om keuze van materialen en onderdelen, verbeteringen van componenten en montagetechnieken, integratie van componenten, aanpassingen van regelingen, aanpassingen van bouwkundige randvoorwaarden, enzovoorts. Doel van dergelijke ontwikkelingen is altijd een verhoging van de systeemopbrengst, verlaging van de kostprijs of een combinatie van beide.

Als voorbeelden van deze grote groep van projecten kunnen drie ontwikkelingen worden genoemd op het gebied van zonneboilers voor de verwarming van tapwater ten behoeve van huishoudelijk verbruik. In het eerste geval werd uitgegaan van een bestaand systeem concept. De ontwikkelingen hadden betrekking op de toepassing van nieuwe materialen en onderdelen, vèrgaande integratie van componenten, optimalisatie van de regeling en aanpassing van de montagetechnieken. Hierdoor werd, ten koste van een geringe verlaging van de opbrengst, een systeem verkregen met een aanzienlijk lagere kostprijs. In het tweede geval werden er enkele componenten ontwikkeld die het mogelijk maakten om, voor de warmteoverdracht van de collectoren naar het voorraadvat, lucht in plaats van water te gebruiken. Ten opzichte van water heeft lucht namelijk voordelen op het gebied van levensduur en onderhoud alsmede ten aanzien van oververhitting en bevriezing. Als derde kunnen de produktontwikkelingen genoemd worden ten behoeve van een zonneboiler op basis van een – voor Nederland – geheel nieuw concept.

Een ander voorbeeld in deze categorie is de ontwikkeling van een geïntegreerd collectordak met aangepaste montagetechnieken voor de collectoren ten behoeve van een, in de stad Groningen te realiseren, project met honderd zonnewoningen die zullen worden aangesloten op een collectief lange-termijn warmteopslag systeem. Bij een andere ontwikkeling – die echter geen resultaat heeft opgeleverd – is gezocht naar een constructie die zowel de dak-, de collector-, alsook de opslagfunctie zou kunnen vervullen.

Voorraadvaten

Van geheel andere aard zijn twee ontwikkelingen die zijn gericht op optimalisatie van de temperatuurgelaagdheid in voorraadvaten, waarmee het rendement van de warmteopslag en dus van het totale systeem aanzienlijk verhoogd kan worden. Voor het bereiken hiervan wordt enerzijds een constructieve oplossing binnen het vat ontwikkeld, anderzijds een regeling voor optimalisatie van de inkomende en uitgaande waterstromen. Van nog weer geheel andere aard is de ontwikkeling van bijvoorbeeld ondersteuningsconstructies voor collectoren in specifieke toepassingen, zoals bijvoorbeeld in zwembaden of in de agrarische sector.



Zonnecollectoren op het dak van een kalvermesterij te Een (Drenthe)

Het zal duidelijk zijn dat in de lijn van fundamenteel onderzoek tot en met produktontwikkeling, de rol van het bedrijfsleven toeneemt ten koste van de onderzoekinstellingen. Niettemin kan met vreugde geconstateerd worden dat ook op het laatste gebied een uitstekende samenwerking tot stand is gebracht. Beide hebben hier profijt van en daarmee uiteindelijk ook de toekomstige gebruikers.

Het resultaat van alle onderzoekingen, studies, praktijkexperimenten en produktontwikkelingen zal in het algemeen zijn een technisch uitontwikkelde installatie voor een specifieke toepassing. Het produceren, installeren en bedrijven van grotere aantallen van dergelijke installaties kan problemen leveren die in voorgaande fasen niet aan de orde zijn geweest. Om deze te kunnen identificeren en zo mogelijk op te lossen, worden zogenaamde *technische demonstratieprojecten* uitgevoerd. Daarbij raken ook andere belangengroeperingen betrokken zoals beslissers, vergunningverleners en gebruikers.

Demonstratieprojecten

Als onderdeel van het NOZ worden thans op twee gebieden dergelijke technische demonstratieprojecten uitgevoerd. Op het gebied van de zonneboilers voor de *woningbouwsector* zullen tien tot vijftien projecten worden uitgevoerd. Elk met een omvang tot circa honderd individuele installaties. Met deze projecten die onderling kunnen verschillen in systeemconcept en fabrikaat, is reeds vier jaar geleden een aanvang gemaakt. De eerste resultaten en ervaringen zijn in technisch opzicht zeer positief. Recentelijk is ook een aanvang gemaakt met technische demonstratieprojecten in de *agrarische sector*. Hierbij gaat het om een twintig-tal individuele installaties, voornamelijk ten behoeve van tapwaterproduktie op mestvee bedrijven. Het warme tapwater wordt hier gebruikt voor de bereiding van het veevoer. De betreffende installaties zijn dus in feite grote zonneboilers

Technische demonstratie van zwembadverwarming door middel van zonne-energie vormt geen onderdeel meer van het NOZ. Installaties voor dit doel verkeren reeds in het commerciële stadium en commercieel/economische demonstratie noch marktintroductie behoort tot de taken van het NOZ. Daarentegen wordt wel weer aandacht be-

steed aan het signaleren, analyseren en zo mogelijk opheffen van *niet-technische knelpunten* voor de toepassing van zonne-energiesystemen. Deze kunnen liggen op economisch, bestuurlijk, juridisch, planologisch en gebruikersterrein. In dit verband kan onder meer genoemd worden een zo juist voltooide studie naar de bestuurlijke en juridische aspecten. Een ander voorbeeld is de reeds eerder genoemde ontwikkeling van gestandaardiseerde testprocedures ter voorbereiding van de instelling van normen en keuringseisen. Veel problemen ontstaan ook door onvoldoende kennis bij de verschillende betrokken partijen. In verband hiermee is onder andere in samenwerking met de TVVL (Nederlandse Technische Vereniging voor Verwarming en Luchtbehandeling) een publikatie tot stand gekomen met praktijkrichtlijnen, aanbevelingen en veel achtergrond informatie over het ontwerp, het installeren en de werking van zonneboilers. Deze publikatie wordt door het ISSO (Instituut voor Studie en Stimulering van onderzoek op het gebied van Verwarming en Luchtbehandeling) uitgegeven onder de titel: 'Zonneboilers, Ontwerp en Uitvoering'. De meeste niet-technische knelpunten zijn echter niet specifiek voor zonne-energie-toepassingen. Onder andere in verband hiermee wordt thans een inventarisatie uitgevoerd van de te verwachten niet-technische knelpunten; welke hiervan ook op andere gebieden voorkomen en waarvoor reeds oplossingen gevonden zijn; welke specifiek zijn voor zonne-energie-toepassingen en met welke prioriteit deze moeten worden geanalyseerd en opgelost.

Tenslotte dient hier nog opgemerkt te worden dat ook internationale samenwerking verankerd is in het NOZ. Zo wordt een 25-tal projecten mede gefinancierd door de Europese Gemeenschap, waardoor zij deel uitmaken zowel van het NOZ als van het EG-programma. Daarnaast wordt een tiental projecten



Geïntegreerd collectordak en aangepaste montagetechniek voor collectoren voor 100 zonne-woningen te Groningen.

van het NOZ uitgevoerd als onderdeel van het gecombineerde zonne-energieprogramma van het IEA (Internationaal Energie Agentschap). In beide gevallen betekent dit het vermijden van duplicatie van werkzaamheden en het ter beschikking komen van een (soms grote) hoeveelheid extra informatie die middels het NOZ alleen moeilijk te financieren geweest zou zijn of pas op een langere termijn beschikbaar had kunnen komen.

Kostprijs gedaald
In het voorgaande is getracht een inhoudelijk beeld te schetsen van het Nationaal Onderzoekprogramma Zonne-energie. Dit is gedaan aan de hand van voorbeelden van uitgevoerde projecten en werkzaamheden, die echter in dit bestek qua aantal noch qua inhoud uitputtend behandeld konden worden. Ook inmiddels verkregen resultaten zijn nauwelijks aan de orde gekomen. Wat dit laatste betreft hierbij nog een voorbeeld: tijdens de looptijd en mede dankzij het NOZ is de specifieke opbrengst van zonneboilers voor huishoudelijk gebruik verdubbeld, terwijl de kostprijs van de geleverde kW-uren warmte is gedaald met een factor 4. Op grond van dergelijke snelle ontwikkelingen is het dan ook niet verwonderlijk dat zowel in de woningbouwsector als in de utiliteits, recreatieve, agrarische en industriële sector, toepassingen te vinden zijn waarbij vervanging van warmte uit fossiele brandstoffen door warmte uit zonlicht – ook economisch – verantwoord is. Voor andere toepassingen echter is nog meer of minder onderzoek en ontwikkelingswerk nodig.

Door de tot stand gekomen goede coördinatie en onderlinge samenwerking tussen alle betrokken partijen ziet ook hiervoor de toekomst er zonnig uit. De recente constatering van de Commissie Technologie Beleid, dat in Nederland het onderzoek- en ontwikkelingswerk ten behoeve van industriële innovatie achter loopt bij dat in het buitenland, gaat dan ook voor deze sector niet op. Integendeel, met enige trots kan worden geconstateerd dat het Nederlandse bedrijfsleven produkten kan aanbieden die zowel kwalitatief als in kostprijs de concurrentie met het buitenland ruimschoots aankunnen. ■

T. C. STEEMERS

ZONNE-ENERGIE IN WOONHUIZEN; OOK EEN EUROPEES PROGRAMMA

De Commissie van de Europese Gemeenschappen heeft als een reactie op de oliecrisis van 1973 het vanuit Brussel geleide onderzoek- en ontwikkelingsprogramma uitgebreid met onderzoekprogramma's op het gebied van niet-nucleaire energie t.w. zonne-energie, windenergie, energiebesparing, waterstofproduktie en -transport en geothermische energie. Sinds lange tijd is de Commissie actief betrokken bij energie-onderzoek op diverse terreinen. Binnen het kader van het Europees Kolen- en Staalverdrag (1953) wordt reeds meer dan 25 jaar kolenonderzoek gesubsidieerd, terwijl binnen het raam van Euratom sinds 1958 in de Gemeenschappelijke Onderzoekcentra onderzoek op zowel kernsplijting als kernfusie wordt uitgevoerd. Sinds 1975 zijn er nu twee vierjarenprogramma's op het gebied van de alternatieve energiebronnen bijgekomen met een budget van respectievelijk 150 en 265 miljoen gulden. Het deel dat voor zonne-energietoepassingen in woningen was uitgetrokken bedroeg 9 en 21 miljoen gulden voor respectievelijk het eerste en het tweede vierjarenprogramma.
In dit artikel zal nader worden ingegaan op de resultaten die met deze 30 miljoen gulden in de twee programma's verkregen werden. Het lijkt echter zinvol om eerst het nut van een Europees onderzoekprogramma aan de orde te stellen.

Sommige onderzoeken zijn zo kostbaar dat ze bijna alleen in een internationaal samenwerkingsverband uitgevoerd kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is het JET-programma (JET staat voor Joint European Torus; het Europees kernfusie-experiment in Culham, Engeland).

Alternatieve energie
De situatie is duidelijk anders op het gebied van de alternatieve energiebronnen. Alle lidstaten hebben op dit terrein in een of andere vorm een nationaal programma. Het budget van de Commissie voor dit onderzoek bedraagt een fractie van het gezamenlijke budget van de lidstaten voor dit onderzoek in hun nationale programma's; voor zonne-energie is dit ongeveer 10%. Dat een Europees programma dan toch nog nuttig is moge blijken uit de volgende voordelen.
Duplicatie van onderzoek. Dat een bepaald onderzoek door een beperkt aantal organisaties onafhankelijk en gelijktijdig wordt uitgevoerd heeft zijn bewezen voordelen. Maar dat in het Europa van de Tien dit minstens tienmaal wordt gedaan is verspilling van geld en intellect.
Het gemeenschappelijk-markt-ideaal.
Gezamenlijk onderzoek bevordert de kennis van de Europese verschillen in eisen die aan industriële produkten worden gesteld en het verleent zelfs een goede basis voor de uitwerking van gemeenschappelijke kwaliteitseisen.
Het educatief aspect.
Samenwerking in Europees verband brengt voor sommige lidstaten de kwaliteit van het onderzoek op een hoger niveau. Dit zou voor de hele Gemeenschap later wel eens invloed kunnen hebben op de bijdragen aan het Regionaal Fonds.
Wederzijdse wetenschappelijke bevruchting.
Ook wetenschappelijk onderzoek vertoont vaak een nationaal stramien dat belemmerend kan werken. Internationale samenwerking wordt dan ook vaak als verfrissend ervaren: het opent nieuwe perspectieven.

Programmabeheer
De onderzoekingswerkzaamheden in het onderhavige Europese programma worden uitgevoerd zowel op basis van individuele contracten als in zogenoemde gezamenlijke acties. Op zichzelf staande contracten met onderzoekinstellingen worden in het algemeen afgesloten na een zorgvuldige selectie van voorstellen voor onderzoek, die ingestuurd worden na een publikatie van een oproep om inschrijvingen in het 'Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen'.
Het werk dat wordt verricht in het kader van de individuele contracten, betreft voornamelijk onderzoek naar en ontwikkeling van systeemcomponenten zoals: zonnecollectoren, warmteopslagvaten, koelmachines, Trombe-muren, venstersystemen, controleapparatuur, enzovoorts. Een vrij groot deel van het onderzoek in het programma 'Zonne-energietoepassingen in woonhuizen' wordt uitgevoerd in het kader van gezamenlijke acties. Elke gezamenlijke actie heeft haar specifieke onderzoekprogramma, gedefinieerd en uitgevoerd door een groep Europese experts. Voor elke actie wordt een coördinator aangesteld om de groep te begeleiden.

Eens per half jaar brengen zowel de contractanten van de individuele onderzoeken als die van de gezamenlijke acties verslag uit van de vooruitgang in het onderzoek.

Taak en resultaten
De 'European Modelling Group' (EMG) heeft als taak een gedetailleerd simulatiemodel voor zonneverwarmingssystemen alsmede eenvoudige ontwerphulpmiddelen te ontwikkelen en te valideren. In de groep was voldoende expertise voor het ontwikkelen van modellen, maar er bestond een groot gebrek aan betrouwbare experimentele resultaten voor de validatie. Daartoe werd de 'Solar Pilot Test Facility Group' opgericht, die als taak kreeg in acht lidstaten een 'Solar Pilot Test Facility' te ontwerpen, te construeren en in bedrijf te nemen.
Deze testinstallatie bestaat uit een zonneverwarmingssysteem, compleet met zonnecollectoren, warmteopslagvat en controleapparatuur, waarbij de zonnecollectoren aan reële

Gezamenlijke Acties.

EMG	–	European Modelling Group for Solar Heating Systems (inclusive Simplified Models).
SPTF	–	Solar Pilot Test Facility Group.
PMG	–	Performance Monitoring Group.
CTG	–	Collector Testing Group.
SSTG	–	Solar Storage Testing Group.
PSWG	–	Passive Solar Working Group.
PSMSG	–	Passive Solar Modelling Sub-Group.
ASG	–	Assessment Study Group.

weercondities worden blootgesteld. De warmteafname van het systeem wordt gerealiseerd door een fysische simulator die in staat is de voor de heersende weersomstandigheden typische warmtebehoefte van een bepaald huis te simuleren. Deze oplossing werd verkozen boven het alternatief met proefhuizen vanwege de grotere vrijheid in de keuze van de parameters en bovenal vanwege de invloed van de bewoners van de proefhuizen op de warmteverliezen.
Het simulatiemodel EMGP2 dat ontwikkeld werd vertoonde bij de validatie met de experimentele gegevens van de testinstallaties geen systematische modelfouten. Tot zover werd de validatie uitgevoerd met experimentele

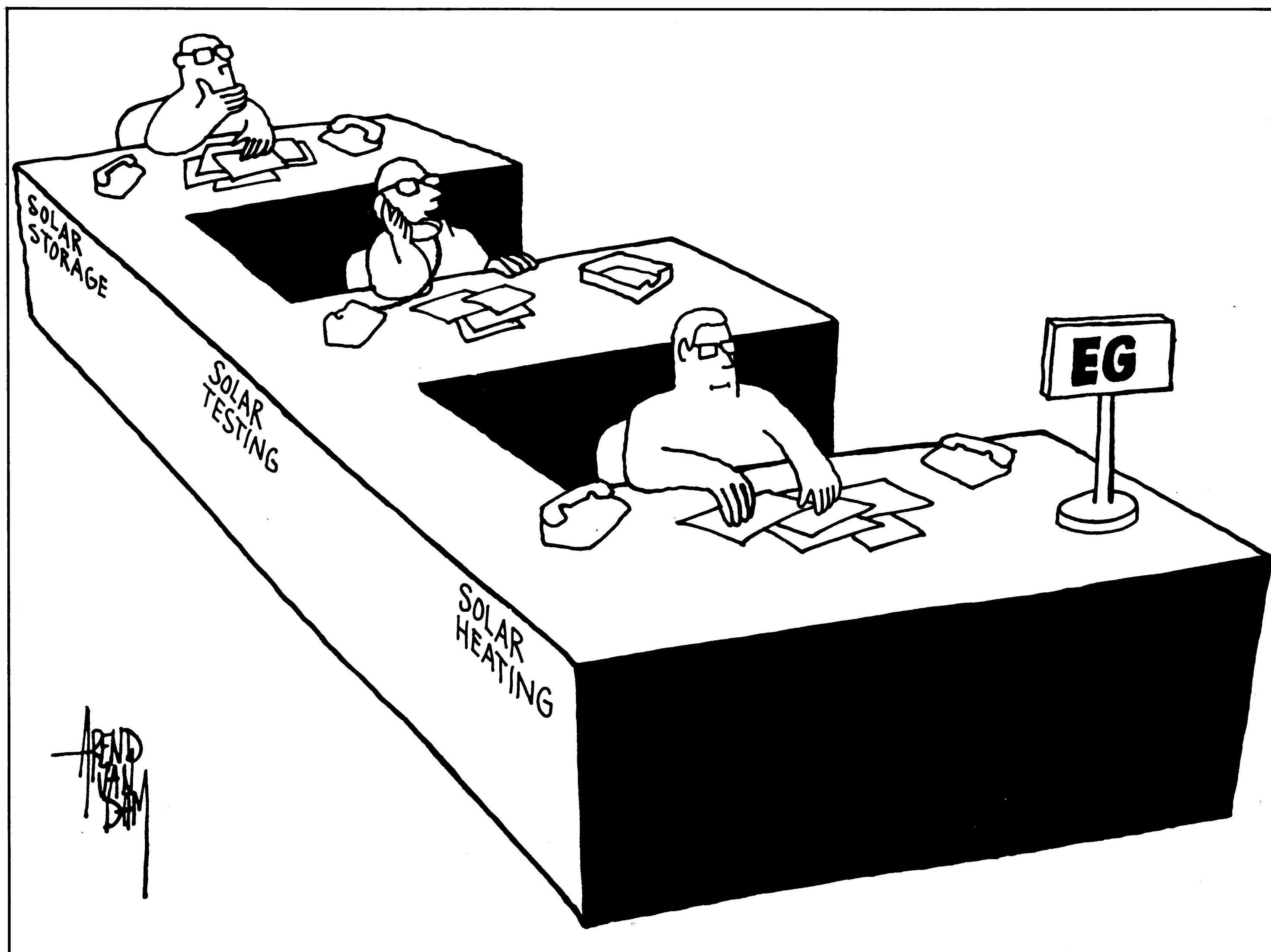
Een Europees onderzoekprogramma lijkt bij uitstek geschikt om bepaalde ervaringen, opgedaan in de verschillende lidstaten, te verzamelen, te vergelijken en te evalueren.

gegevens van één bepaald zonneverwarmingssysteem. Voortzetting van de validatie met resultaten verkregen met andere systemen is noodzakelijk om de algemene geldigheid van EMGP2 te kunnen garanderen. De voor de voortgezette validatie noodzakelijke gegevens zijn reeds verzameld en opgeslagen in de databank van de Katholieke Universiteit van Leuven.

Parallel met de bovenstaande acties werd een vereenvoudigd correlatiemodel ESM ontwikkeld. Een vergelijking van rendementsberekeningen met ESM en andere vereenvoudigde correlatiemodellen met rendementsberekeningen uitgevoerd met EMGP2 toonde aan dat ESM 50% nauwkeuriger is dan het nauwkeurigste bestaande correlatiemodel (F-chart).
Met ESM hebben nu architecten en bouwkundigen een eenvoudig en betrouwbaar hulpmiddel voor het ontwerpen van zonneverwarmingsinstallaties, terwijl EMGP2, het gedetailleerde simulatiemodel, van nut zal zijn in het toekomstig onderzoek naar rendementsverbeteringen in nieuwe generaties zonneverwarmingssystemen.

De 'Performance Monitoring Group'

Een Europees onderzoekprogramma lijkt bij uitstek geschikt om bepaalde ervaringen, opgedaan in de verschillende lidstaten, te verzamelen, te vergelijken en te evalueren. Deze taak werd voor wat betreft de ervaring met zonnehuizen door de 'Performance Monitoring Group' uitgevoerd. De groep heeft gegevens van meer dan 100 zonneverwarmingssystemen verzameld en geanalyseerd.
Deze gezamenlijke actie heeft tot nu toe waardevolle resultaten



opgeleverd die zijn neergelegd in een aantal publikaties waaronder Monitoring Solar Heating Systems – A Practical Handbook' en een boek getiteld 'Solar Houses in Europe – How they have worked'. Beide boeken zijn verschenen bij Pergamon.
Een globale conclusie die uit deze studie getrokken kan worden is dat de bestaande eerste-generatiesystemen te complex zijn en sterk overgedimensioneerd, waardoor zij niet voldoen aan de rendementsverwachtingen en de vereiste bedrijfszekerheid.
Met de kennis van het reilen en zeilen van zoveel zonneverwarmingssystemen verkeerde de 'Performance Monitoring Group' in een positie waarbij zij zou kunnen aangeven hoe het dan wel moet. In een viertal ontwerpteams werden optimalisatiestudies verricht en ontwerpen gemaakt onder realistische beperkingen met name inplanting in huizen en gebruik van in de handel verkrijgbare materialen. Geconcludeerd kon worden dat de ontworpen systemen, die met de huidige kennis en voorhanden zijnde materialen gerealiseerd kunnen worden, een opbrengst/kostenverhouding te zien gaven die 1,5 tot 2,5 maal beter is dan die van bestaande projecten.

Sommige onderzoeken zijn zo kostbaar dat zij bijna alleen in een internationaal samenwerkingsverband uitgevoerd kunnen worden.

Testen systeemcomponenten
Een taak die ook zeer geschikt is om Europees aan te pakken is het ontwikkelen van testprocedures voor systeemcomponenten. Voor wat betreft zonnecollectoren wordt dit gedaan in de 'Collector Testing Group', waarin 20 laboratoria samenwerken. Behalve de publikatie van aanbevelingen voor het testen van zonnecollectoren heeft deze gezamenlijke actie ook reeds geleid tot een gemeenzame basis voor overeenkomst in de UEAtc (Union Européenne pour l'Agrément technique dans la Construction. Dit is een Europees samenwerkingsverband voor kwaliteitseisen in de bouwindustrie).
De 'Solar Storage Testing Group' werkt aan het ontwikkelen van testprocedures voor warmteopslagvaten. Het warmteopslagvat is na de zonnecollector de belangrijkste component in een zonneverwarmingssysteem. Behalve testprocedures geven beide groepen ook aan aan welke eisen de testinstallatie moet voldoen.

Passieve zonne-energie
Passieve zonne-energie wordt ook wel eens aangeduid als zonnearchitectuur, omdat delen van het gebouw zelf als zonnecollector fungeren en er verder geen pompen, leidingen en warmteopslagvaten aan te pas komen. Het is de laatste jaren meer in de belangstelling komen te staan, omdat is vastgesteld dat ruimteverwarming door middel van passieve zonne-energie eerder economisch zal zijn dan actieve zonneverwarmingssystemen (zonneboilers uitgezonderd). Toch ontbreekt het de architect die passieve zonne-energietechnieken wil toepassen, niet alleen aan betrouwbare en betaalbare passieve componenten, maar ook aan betrouwbare ontwerphulpmiddelen. Hier ligt dus duidelijk een urgente taak voor zonne-energieprogramma's. In het tweede vierjarenprogramma van de Commissie heeft een 'Passive Solar Working Group' zich bezig gehouden met een inventarisatie van de bestaande richtlijnen, vuistregels, ontwerphulpmiddelen en simulatiemodellen voor passieve zonne-energie. De resultaten van deze inventarisatie zullen worden neergelegd in een 'Europees Handboek voor Passieve Zonne-energie', dat nog dit jaar zal verschijnen. De in dit handboek aanbevolen passieve simulatieprogramma's en ontwerphulpmiddelen zijn weliswaar de beste – voorzover bekend – die beschikbaar zijn, maar aan validatie is nog nauwelijks aandacht besteed.

Een aantal aspecten in de bouw zullen met het oog op de nieuwe mogelijkheden die de zonnearchitectuur biedt, moeten worden herzien.

Voor ontwikkeling van passieve zonnecomponenten zoals Trombe-muren, serres, venstersystemen, blinden en controle- en regelapparatuur werden in het tweede vierjarenprogramma twintig contracten afgesloten. Een aantal van de ontwikkelde componenten wordt nu op de markt gebracht. Bij de evaluatie van de eindresultaten moest helaas worden vastgesteld dat de rendementen en de opbrengst/kostenverhoudingen zelfs van gelijksoortige componenten moeilijk of niet vergeleken kunnen worden, omdat de testprocedures op grond waarvan deze gegevens worden vastgesteld teveel verschilden.

Onderzoektrends voor de toekomst
Na het bovenstaande is het wellicht duidelijk dat in het onderzoek naar zonne-energietoepassingen in gebouwen een accentverschuiving gewenst is ten gunste van passieve zonne-energie. Niet alleen moeten de ontwerptechnieken voor passieve systemen beter technisch-wetenschappelijk onderbouwd worden, maar ook dienen testprocedures te worden ontwikkeld om passieve componenten te kunnen beoordelen. Voor het ontwikkelen van betrouwbare en duurzame passieve componenten zelf zit er in dit deel van het Europees budget vermoedelijk geen ruimte.

Een aantal aspecten in de bouw zullen met het oog op de nieuwe mogelijkheden die de zonne-architectuur biedt, moeten worden herzien, zoals thermische behaaglijkheid, luchtbeweging en warmtetransport in gebouwen, aanvullende-verwarmingssystemen, stadsplanning, enzovoorts.
Belangrijk in passieve zonne-energie is de overdracht van kennis van de onderzoekers naar de architecten. In Nederland is dit bijzonder problematisch, omdat Nederland geen architectenopleiding op universitair niveau kent. In deze overdracht van kennis zou kunnen worden voorzien door workshops, conferenties, prijsvragen, publikaties, enzovoorts.

Steun aan het onderzoek naar seizoenopslag van zonnewarmte zou gewenst zijn, maar is binnen het budget waarschijnlijk niet mogelijk.

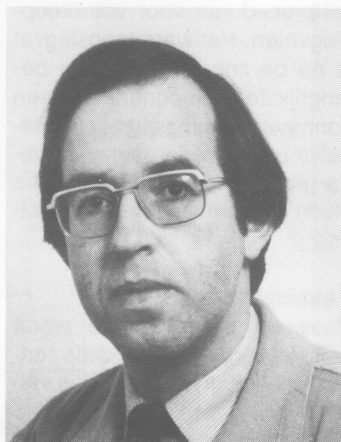
In het 'actieve' zonne-energieonderzoek dient de validatie van simulatiemodellen en ontwerphulpmiddelen te worden afgerond, evenals het ontwikkelen van testprocedures voor componenten.
Steun aan het onderzoek naar seizoenopslag van zonnewarmte zou gewenst zijn, maar is binnen het budget waarschijnlijk niet mogelijk.

In het 'actieve' zonne-energieonderzoek zou het accent moeten liggen op de verbetering, de vereenvoudiging en het goedkoper maken van zonneverwarmingssystemen. Zonneboilers en zonneboilers gecombineerd met een klein zonneverwarmingssysteem voor ruimteverwarming zouden in projecten van statistisch verantwoorde grootte getest dienen te worden. ■

G. BROUWER

GOEDE MOGELIJKHEDEN ZONNE-ENERGIE IN LAND- EN TUINBOUW

De Nederlandse landbouw wordt uitgeoefend op een bijzonder hoog niveau van mechanisatie en is de meest intensieve in de wereld. In het kader van deze ontwikkelingen is de Nederlandse boer erg geïnteresseerd in nieuwe technologieën en eventueel dus in nieuwe vormen van energievoorziening. Een ander gegeven dat voor de introductie van zonnewarmtetechnieken pleit, is de belangrijke betekenis van de landbouw voor de Nederlandse betalingsbalans en het relatief hoge energieverbruik in de landbouw.
Met het oog op vermindering van het energiegebruik in de landbouw is een potentieel schatting en een ontwerpanalyse van zonnewarmtetechnieken in de Nederlandse land- en tuinbouw uitgevoerd om aldus inzicht te krijgen in de betekenis van deze technologie voor deze sector. Bij de bepaling van het potentieel wordt uitgegaan van karakteristieke structuren van de diverse sectoren in de land- en tuinbouw en hun mogelijke betrekking tot de zonnewarmtetechnologie.
In tweede instantie wordt ingegaan op de dimensionering en de warmte-opbrengsten van zonnewarmtesystemen voor de diverse toepassingen: heetwaterproduktie (80 °C) in mestkalver- en melkveebedrijven, warmwaterbereiding (30 °C) in het gesloten varkensbedrijf, stal- en hokverwarming in varkens- en pluimveebedrijven, verwarming van mest in biogasinstallaties bij de veehouderij en de kas- en gietwaterverwarming in de sector tuinbouw onder glas. De studie is beperkt tot het directe energiegebruik op het landbouwbedrijf.



G. Brouwer (1940) studeerde elektrotechniek, warmtetechniek en luchtbehandelingstechniek in Den Haag en wetenschappelijk rekenen in Delft. Hij was achtereenvolgens werkzaam op het Kamerlingh Onnes Laboratorium in Leiden, Technisch Physische Dienst TNO – TH in Delft. Vanaf 1970 is hij in dienst van het Raadgevend Technies Buro Van Heugten B.V. te Nijmegen. Hij is als projectleider betrokken bij energiebesparingsprojecten van verschillende aard.

Nederland ligt voor een belangrijk deel in het deltagebied van enkele grote rivieren en kent vruchtbare gronden. De grote bevolkingsdichtheid leidt tot onttrekking van gronden aan het cultuurareaal. In totaal wordt ongeveer 57% als cultuurgrond benut, als volgt verdeeld: voor grasland 34%, akkerbouw 20% en tuinbouw 3%. De Nederlandse landbouw kent een efficiënte bedrijfsvoering en -inrichting. Circa 6% (310.000 mensen) van de beroepsbevolking is direct werkzaam in de landbouw. De landbouw is van vitale betekenis voor de economie door een bijdrage van 20% aan het exportvolume. Dit betreft vooral de veehouderij die ruim tweederde van de totale bruto waarde van de Nederlandse landbouw levert. De akkerbouw neemt een minder vooraanstaande plaats in. Hoewel de opbrengsten per hectare in het verleden stegen, daalde het areaal aanzienlijk. In de tuinbouw ontwikkelde de teelt onder glas zich sterk, de sierteelt, potplanten en snijbloemen namen belangrijk in betekenis toe. Het totale produktie volume (x1000t) en de produktiewaarde (x mln fl.) staan in tabel 1.

tabel 1

	prod. volume (x1000t)		prod. waarde (x mln fl.)
in de veehouderij melkprodukten, vlees	15.500	en	16.600
in de akkerbouw granen, aardappelen, suikerbieten	18.300	en	2.700
in de tuinbouw groente, fruit, bloemen, planten	3.150	en	5.300

De Nederlandse landbouw wordt in belangrijke mate door familiebedrijven beoefend. Circa 80% van de bedrijven neemt ongeveer 50% van het beschikbare land in beslag. In vergelijking met andere EEG landen is de omvang van de veestapel per bedrijf groot. Figuur 1 geeft een indruk van de Nederlandse veestapel.

De energiesituatie
Intensivering van de landbouw houdt in mechanisatie, gerichte fokmethode, het gebruiken van bestrijdings- en ontsmettingsmiddelen, kunstmest, krachtvoer, verwarming. Het directe energiegebruik is daarbij enorm gestegen. Verwarming, met name in de tuinbouw is daarbij het belangrijkst. In tabel 2 wordt verdeeld naar de belangrijkste sectoren een overzicht van deze directe energiegebruiken gegeven.

De veehouderij vraagt een belangrijke hoeveelheid energie (elektriciteit, gas of olie) voor de verwarming van tapwater in kalvermesterijen en melkveebedrijven, voor de reiniging van melk- en voederinstallaties, voederbereiding, oplossen van melkpoeders en drinkwater voor het vee. Mestkalveren vragen gemiddeld 5 – 7 liter heet water per kalf per dag van 80 °C. Voor melkkoeien wordt gerekend op 3 à 4 liter per koe per dag, eveneens van 80 °C. Voor het drenken wordt warm water van ongeveer 35 à 40 °C gebruikt.
In sommige varkenshouderijen bestaat een beperkte warmwaterbehoefte van 4 liter per varken per dag van 30 °C. Stalverwarming vindt voornamelijk plaats in de fokzeugbedrijven. De stallen vragen bij toepassing van vloerverwarming voor de jonge biggen een staltemperatuur van 32 °C tot 21 °C.
Ook bij pluimveehokken voor slachtkuikens, leghennen en kalkoenen kan met een lage systeemtemperatuur van 30 à 40 °C worden volstaan.

tabel 2

	Energiegebruik (PJ)	Benodigde opwarming °C	Tijd van het jaar
veehouderij			
– heetwater			
mestkalveren	0,37	10 – 80	
melkvee	0,64	10 – 80	
– warmwater			
varkens	0,5	10 – 20 à 30	gehele jaar
– verwarming (stal of hok)			
fokvarkens	2,6	20 – max. 45	
pluimvee	3,6	20 – max. 45	
– bassinverwarming			
paling, meerval	–	10 – 18 à 25	
droging	0,35	–	zomer
kassen	124,1	–	herfst t/m lente
overig tuinbouw	1,35	–	gehele jaar
TOTAAL	133,5 PJ = 2,94 Mtoe (Megaton olie equivalent)		

Besparingsmogelijkheden
Een reële mogelijkheid voor energiebesparing op melkveebedrijven is het gebruik van de condensorwarmte van de melkkoelinstallatie.
Concurrerend met zonnewarmtesystemen is ook het toepassen van verwarmingsinstallaties met een hoger rendement of het omschakelen van elektriciteit, olie of propaangas op aardgas als energiebron. In het proces van biogasproduktie uit dierlijk afval wordt warmte met een laag temperatuurniveau gevraagd. In dat geval is de procestemperatuur 30 à 35 °C. Het proces vindt het gehele jaar plaats. Hoewel het biogasproduktieproces nog in een fase van onderzoek en ontwikkeling verkeert, kan zonnewarmtebenutting hierin eventueel een belangrijke rol spelen.
In viskwekerijen, in Nederland op zeer beperkte schaal aanwezig, waarbij waterbassins op ongeveer 25 °C moeten worden gehouden (bijvoorbeeld voor paling) zijn de produktiekosten hoog vanwege het hoge energiegebruik. Zonnewarmtebenutting kan ook hier een belangrijke energiebesparing opleveren.
Het energiegebruik voor droogdoeleinden op landbouwbedrijven is zeer gering. Indien de energiekosten door benutting van zonnewarmte kunnen worden verlaagd, kan er sprake zijn van een toeneming van de niet-industriële droging op deze bedrijven.

Kassen
Kasverwarming vraagt de meeste energie in de land- en tuinbouw. In Nederland wordt ongeveer eenderde deel van de in de EEG-landbouw totaal benodigde directe energie gebruikt. In Nederland komt meer dan 90% van het directe energiegebruik voor rekening van de tuinbouwsector. Dit is als volgt verdeeld:

groenten	63,2	PJ
snijbloemen	53,5	PJ
potplanten	7,4	PJ
overige	1,35	PJ
Totaal	125,45	PJ per jaar

Door de stijgingen van zowel energiegebruik als energiekosten bij een langzamer stijgende produktie, nemen de produktiekosten sneller toe. In de glastuinbouw werd daarom het energiegebruik sterk teruggedrongen door het toepassen van dubbele beglazing, beweegbare schermen en door installatieverbetering. Figuur 2 geeft een indruk van de energiebesparing van beweegbare schermen in een kas met dubbelglas.

Van 1979 tot 1982 nam het energiegebruik per m^2 glasareaal af met ongeveer 30%. De produktie in deze tuinbouwsector steeg echter met ongeveer 10%. Desalniettemin bedraagt de energiequote van het glastuinbouwbedrijf bijna 20% van de totale jaarlijkse kosten.

Zonnewarmtecollectoren
De klimaatcondities in Nederland rechtvaardigen in het algemeen alleen het gebruik van een-

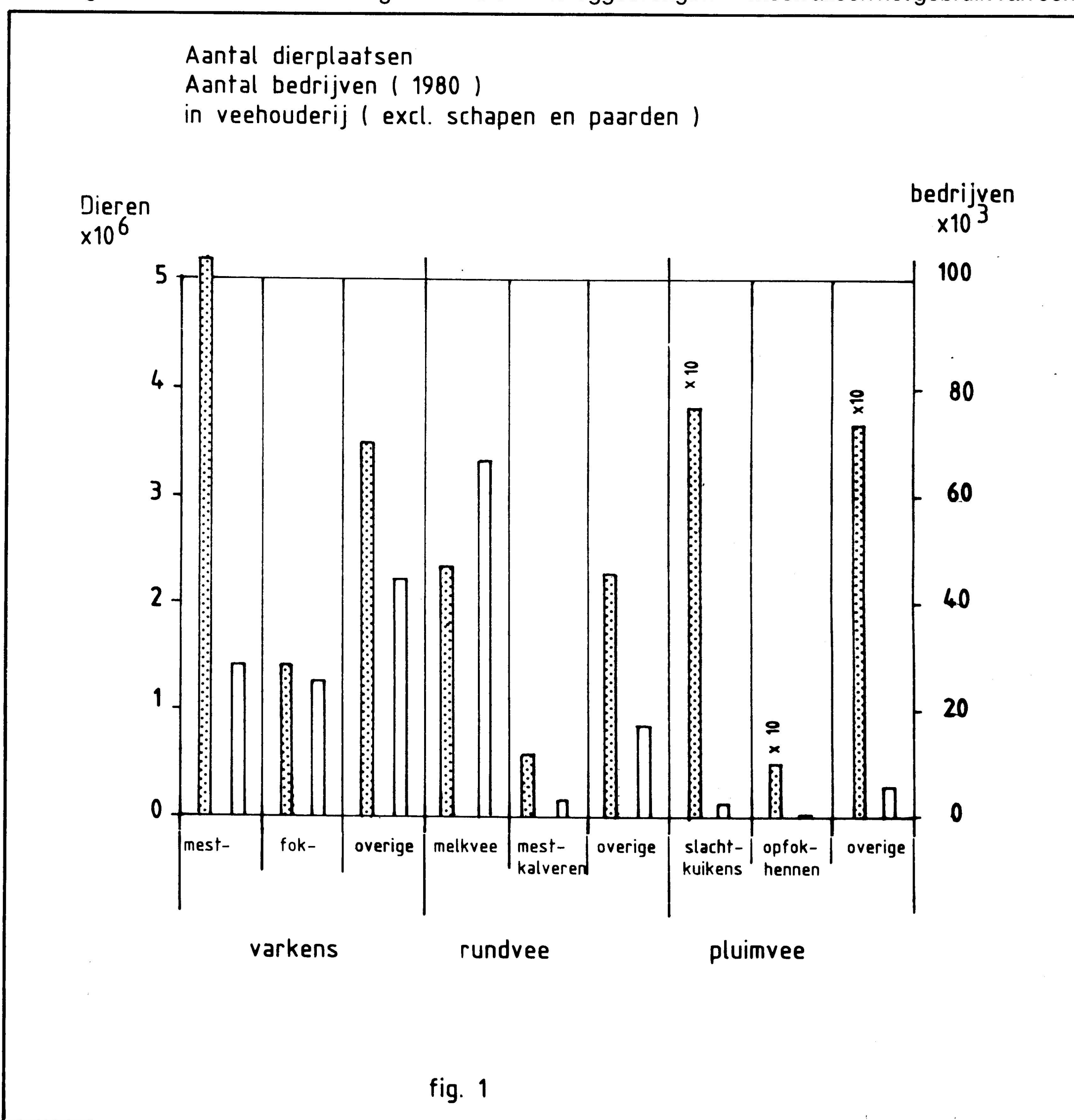


fig. 1

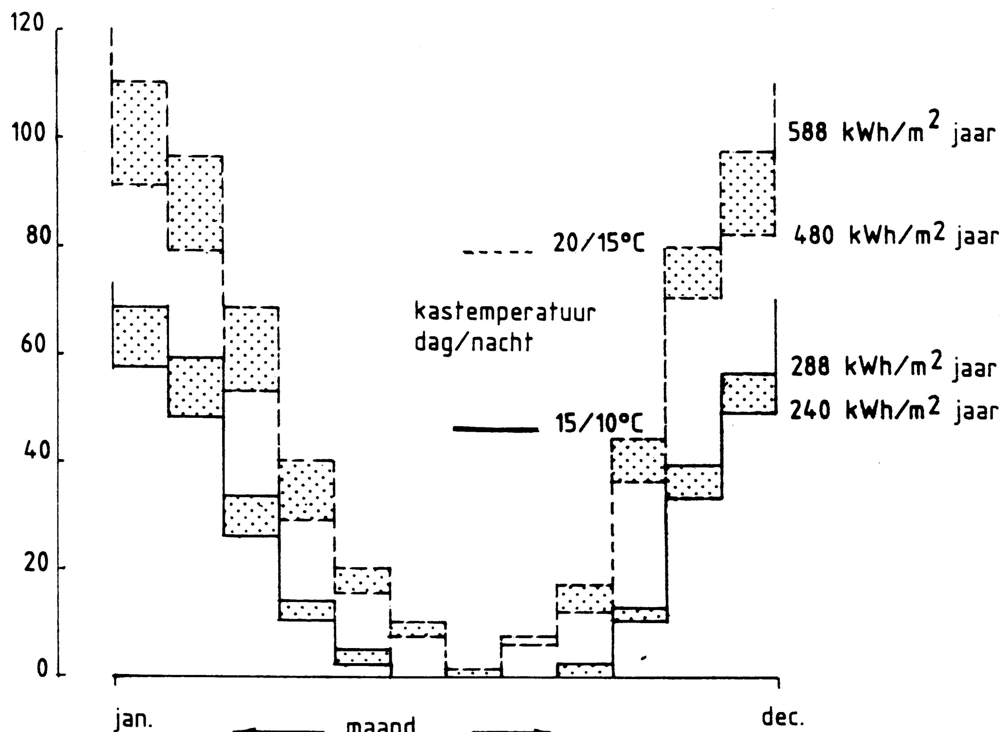


fig. 2 Energie gebruik van een tuinbouwkas (1300 m^3) in kWh/m2 grondopp. voor een referentie jaar. Met en zonder beweegbare schermen. Zijwanden dubbel glas. Dak enkel glas. Ventilatie 0,5x Energie besparing ongeveer 18 %

voudige, vlakke plaat collectoren. Zowel directe als diffuse zonnestraling (circa 55% van de totaalstraling) wordt opgevangen door de vast opgestelde zonnecollector. Luchtcollectoren worden veelal toegepast in installaties, voor hok- of stalverwarming of droogprocessen. Als er behoefte bestaat aan warmteopslag in bijvoorbeeld een waterbuffer, kan de keus verschuiven naar vloeistofcollectoren. Voor de toepassingen warmwaterbereiding, bassinverwarming en ruimteverwarming met behulp van radiatoren of vloerverwarming zullen veelal vloeistofcollectoren worden gebruikt.

In het algemeen worden twee soorten produkten gebruikt, waarbij het verschil zich voornamelijk uit in de kostprijs: de *fabrieksmatig* gemaakte en de *ter plaatse* van het landbouwbedrijf samengestelde collectoren. Het eerstgenoemde produkt heeft het voordeel te voldoen aan bepaalde warmte-opbrengstspecificaties. Het tweede kan alleen door een goede installateur met kennis van zaken worden opgesteld.

Vooral voor het laatste geval is door de grote collectoroppervlakken die de installaties vragen, de prijs van de gemonteerde installatie per vierkante meter collector aanzienlijk lager dan in de sector zonneboilers voor woningen. De collectorkeuze hangt bovendien af van het gemiddeld temperatuursverschil tussen installatietemperatuur (veelal de temperatuur van de warmtebuffer) en de buitentemperatuur ten tijde van de grootste warmtebehoefte. Naarmate dit temperatuursverschil groter is zullen collectoren met een hoger rendement moeten worden toegepast.

In het algemeen leidt dit tot de volgende voorwaarden:

□ normaal zwarte absorbers zonder afdekking (kunststof of metaal), alleen voor zomertoepassingen (of wintertoepassingen in combinatie met een warmtepomp) bijvoorbeeld voor bassinverwarming, voor warmwaterproduktie of voor heetwaterproduktie met een zeer lage dekkingsgraad

□ normaal zwarte absorbers met enkele afdekking, voor toepassingen het gehele jaar door, bijvoorbeeld voor identieke toepassingen als hierboven echter met een hogere dekkingsgraad, alsmede voor hok- of stalverwarming met een lage dekkingsgraad

□ spectraal selectieve absorbers met enkele afdekking, of normaal zwarte absorber met dubbele afdekking, voor toepassingen het gehele jaar door, bijvoorbeeld voor hok- of stalverwarming voor warm- of heetwaterproduktie met een hoge dekkingsgraad (tot maximaal 50´a 70%).

Potentieel

De gedifferentieerde infrastructuur van de gas- en elektriciteitsvoorziening samen met de beschikbaarheid van grote gasvoorraden, vormen een rem op de ontwikkeling van zonnewarmtetechnieken. Vanuit economisch standpunt staat de zonnewarmtetechnologie veelal achter in de rij van energiebesparende technieken. Het aanbrengen van isolatie, verbetering van het ketelrendement, het gebruik van restwarmte, de omschakeling van elektriciteit of propaangas op aardgas zijn in de meeste gevallen de eerste opties.

Het karakter van het buitenklimaat in Nederland zal de toepassingen van zonnewarmtebenut-

ting voornamelijk tot de sectoren waar een warmtebehoefte op een laag temperatuurniveau (tot ongeveer 80° C) in de zomer bestaat. Toepassing voor zonnewarmtetechnieken in de landbouw wordt door de gebruikers zeer serieus genomen en is meestal gebaseerd op prijzen en verkrijgbaarheid van fossiele brandstoffen en op investeringskosten voor installaties.
Eerder dan in de sector van de gebouwde omgeving neemt hier de twijfel aan de techniek en haar mogelijkheden af. Financiële ondersteuningsmaatregelen van de overheid werken aanmoedigend, mede ook gezien de acceptatie van de technologie. Veelbelovende resultaten worden verwacht van zelfwerkzaamheid in de zonnewarmtetechniek. Hiervoor is informatieverspreiding en uitwisseling van projectgegevens erg belangrijk. Belemmeringen, zoals vormgeving, welstandstoezicht of ruimtegebrek, die op andere terreinen van invloed zijn, zijn in de landbouw in het algemeen minder relevant.
De eigenlijke ervaring met zonnewarmtetoepassingen leidt tot verdere vereenvoudiging en kostenverlaging. Integratie van de collector met het dak is prijstechnisch gunstig. Dit geldt eveneens voor standaardisatie van componenten en systemen. De warmtevraag blijft vaak beperkt tot een bepaalde periode van het jaar. Dit betekent, dat een bijzondere optimalisatie van de installatie naar opbrengst en grootte nodig is en dat neventoepassingen voor zonnewarmtebenutting in de overige periode kunnen worden aangegrepen. Samenvattend constateren we dat in de landbouw een gunstig perspectief bestaat voor een omvangrijker introductie van zonnewarmte-installaties.
Om het potentieel van zonnewarmtebenutting goed te kunen bepalen, is een structuuranalyse van de Nederlandse landbouw met de daarbij behorende energiegebruiken opgezet. Bij de potentieel schatting is de substitutie van de traditionele brandstof (aardgas) door zonne-energie beschouwd in de verschillende sectoren. Daarbij is de feitelijke energiesituatie aangehouden. Voorts is geen rekening gehouden met andere (concurrerende) energiebesparingsmaatregelen en energiebronnen. Ook zijn essentiële vernieuwingen in de zonnewarmtetechnologie niet meegenomen. Het potentieel is bepaald voor het directe thermische energiegebruik in de landbouw.
In het algemeen verliep deze potentieelbepaling als volgt: voor iedere sector werd de principeopzet van de zonnewarmte-installatie voor een gemiddeld bedrijf gedefinieerd.

De fysische karakteristieken van deze installatie zijn samen met die van het referentieklimaatjaar en de warmtebehoefte in een simulatiemodel opgenomen. Het optimalisatieproces werd uitgevoerd met een groot aantal, voornamelijk 'eerste orde', parameters.
Voor diverse sectoren in de veehouderij kunnen hieraan grafieken worden ontleend (als bijvoorbeeld figuur 3), waarin de warmte-opbrengsten per m^2 geïnstalleerd collectoroppervlak kunnen worden afgelezen. De grafieken kunnen tevens worden gebruikt voor de dimensionering van zonnewarmte-installaties.

Haalbaarheid
De economische haalbaarheid, die volgt uit de kosten-baten verhouding, wordt sterk bepaald door de verminderende meeropbrengst bij een grotere zonnewarmte-installatie en een hogere dekkingsgraad. Als compensatie voor ongunstige ligging van collectordaken, en overige ongunstige situaties bij zonnewarmtetoepassingen is het totaalpotentieel gecorrigeerd met een factor van 0,7. Met hogere financiële bijdragen en door zeer intensieve aanpak van zonnewarmtetoepassingen is een verhoging van het geraamde potentieel met 50% echter niet ondenkbaar.

In de sector 'warmwaterproduktie in de veehouderij' bestaat een aanzienlijk potentieel voor zonnewarmtegebruik. De lage kosten van de in het algemeen eenvoudige installaties en de hoge warmte-opbrengsten maken deze zonnewarmtetoepassingen zeer aantrekkelijk, zelfs in vergelijking tot warmtebenutting uit melkkoeling en warmteterugwinapparatuur. Het jaarlijks besparingspotentieel bedraagt voor:

kalver mesterijen	(80°C)	88-132 TJ
varkens houderijen	(30°C)	264-396 TJ
melkvee bedrijven	(80°C)	148-222 TJ.

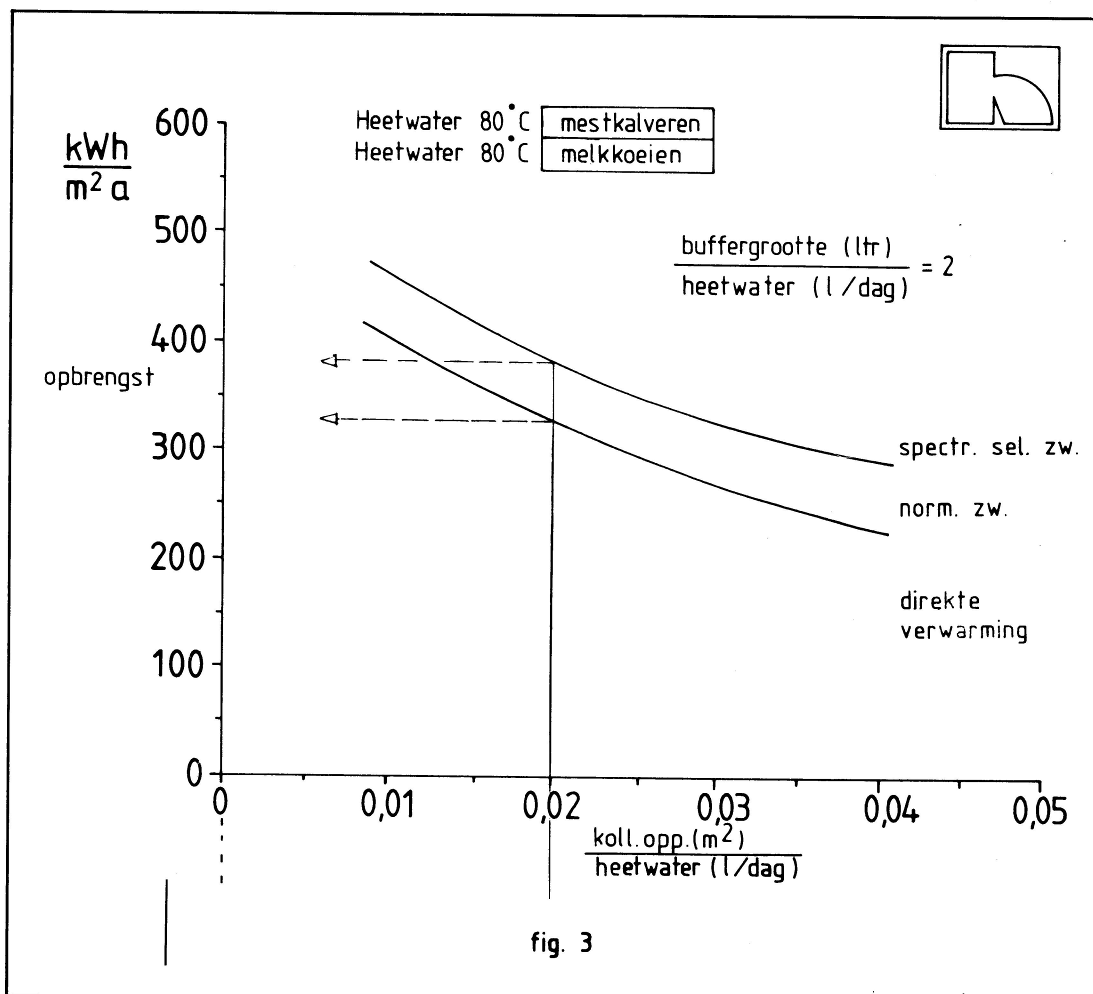


fig. 3

In de sector 'stal- en hokverwarming' kan zonnewarmte worden gebruikt op een laag temperatuurniveau en gedurende het gehele jaar voor fokzeug- en pluimveebedrijven.
Het jaarlijks besparingspotentieel bedraagt voor:

fokzeug bedrijven	(35°C)	1070 - 1600 TJ
pluimvee bedrijven	(35°C)	1430 - 2140 TJ.

De vooruitzichten voor 'zonnewarmtegebruik bij de biogas produktieprocessen' hangen sterk af van de economische, de technische en de milieu-aspecten van de biogasinstallatie zelf. Gedurende het gehele jaar kan zonnewarmte in dit proces worden benut. Het jaarlijks zonnewarmtepotentieel bedraagt onder gunstige omstandigheden in:

pluimveebedrijven	160 - 290 TJ
varkenshouderijen	440 - 660 TJ
melkveebedrijven	1325 - 2000 TJ.

In de sector 'viskwekerijen' zijn grote energiebesparingen mogelijk door benutting van zonnewarmte. Materiaalkeuze en de invloed van watervervuiling op de componenten behoeven echter extra aandacht. Het jaarlijks besparingspotentieel van zonnewarmtebenutting afgestemd op de Nederlandse consumptie bedraagt hier 100 - 150 TJ.

In de sector 'droging' bestaan goede perspectieven, gezien de lage kosten van de eenvoudige zonnewarmte-installaties, op voorwaarde echter dat meervoudig gebruik mogelijk is. Droging zal meer dan nu het geval is op het landbouwbedrijf kunnen plaatsvinden. Voor hooi, graan en bloembollen droging is een potentieel geraamd van 300 - 450 TJ per jaar.

In de 'tuinbouw onder glas' levert isolatie de belangrijkste besparing op. Er bestaan slechts geringe mogelijkheden voor actieve zomerwarmtebenutting (vooral wegens beperkt beschikbare oppervlakte) bij de warmwaterproduktie voor begieting en de benutting van overtollige kaswarmte voor de avond en de nacht.

Het volgende potentieel wordt geraamd:
door energiebesparing door isolatie 30.000 - 43.000 TJ,
door actieve zonnewarmtebenutting 270 - 405 TJ.

Door allerlei oorzaken kan het potentieel echter sterk veranderen. Vanuit de structuur en de positie van de Nederlandse landbouw, geënt op het energiekostenaandeel in de exploitatiekosten van het bedrijf is een prioriteitenschema van vooruitzichten en activiteiten opgesteld (zie tabel 3). Hierin is tevens een richting aangegeven voor het te verrichten onderzoek in diverse sectoren.

De totale besparing op het directe energiegebruik in de land- en tuinbouw wordt nu geraamd op:
□ actieve zonnewarmte-installaties 5,6 - 8,4 PJ/a (0,13 - 0,19 Mtoe/a
□ isolatie en beweegbare schermen in de tuinbouw 30 - 43 PJ/a (0,67 - 0,96 Mtoe/a).
Dit komt overeen met 1 - 1,5% van het totale Nederlandse energiegebruik.

Besparingen

De inpassing van zonnewarmtesystemen in de landbouw gaat gepaard met:
□ het toepassen van eenvoudige vlakke plaat (lucht of vloeistof) zonnecollectoren met relatief beperkte warmte-opbrengsten;
□ verlaging van de investeringskosten van de hele zonnewarmte-installatie, grote collectoroppervlakken zijn relevant;
□ in veel gevallen lange transportleidingen vanwege de grote afstand tussen de zonnewarmtecollectoren en de naverwarming of de plaats van de bijstookketel.

Gebaseerd op de ervaring van diverse uitgevoerde projecten ook in niet-agrarische toepassingen, zullen de investeringskosten van een installatie (excl. B.T.W.) tussen de ƒ 300,— tot ƒ 600,— per m^2 collectoroppervlak bedragen. De energiebesparing zal liggen tussen de 1000 tot 2000 MJ/a m^2. Dit komt ongeveer overeen met een kostenbesparing van:
□ ƒ 28,— tot ƒ 56,— per jaar bij gas van ƒ 0,60/m^3
□ ƒ 36,— tot ƒ 72,— per jaar bij olie van ƒ 0,90/ltr.
□ ƒ 81,— tot ƒ 162,— per jaar bij elektriciteit van ƒ 0,25/kWh.

Financiële ondersteuning via subsidies en leningen, zullen de niet ongunstige rentabiliteit aanzienlijk verbeteren.

Voor invoering van zonnewarmte-installaties zijn de volgende acties noodzakelijk:
□ het realiseren van demonstratieprojecten in de diverse sectoren
□ het uitwisselen van resultaten en technische informatie van gerealiseerde projecten
□ de ondersteuning door kennisoverdracht en de begeleiding bij de uitvoering van 'doe het zelf' zonne-energie-installaties
□ onderzoek en ontwikkeling op diverse gebieden als aangegeven in tabel 3. ■

TABEL 3

prioriteitentabel

+ goed
0 matig
* actie

	Vooruitzichten		Actie		
	korte termijn	lange termijn	realisatie	demonstratie	Onderzoek en Ontwikkeling
Heet(warm)waterproduktie					
– mestkalveren	++	+	*		dakintegratie,
– melkvee	0	0			eenvoudige collectoren,
– mestvarkens	+	+		*	combinatie met warmtepomp
Stalverwarming					
– fokzeugen	+	++		*	
– opfokhennen	0	+		*	
– slachtkuikens	+	++		*	
Viskweek					
– tong, tarbot, paling	+	++		*	warmtewisselaars
Biogas, mestverwarming					
– varkens	0	++		*	biogasproduktie proces,
– koeien	0	++		*	TE-systemen
– pluimvee	0	++		*	
Droging	0	++		*	luchtsysteem met warmte-opslag, multi-purpose toepassingen
Tuinbouw excl. kassen	+	++		*	
Tuinbouwkassen	++	++	*	*	produkt kwaliteit, warmte-opslag

M. BAARDMAN

KANS OP STERK GROEIENDE INDUSTRIE VAN INTERNATIONALE ALLURE

Met een beetje goede wil wordt 1985 het jaar van de doorbraak van zonne-energie. De omstandigheden zijn er naar: zonne-energie is in tal van toepassingen rendabel, de markt raakt vertrouwd met zonnewarmtesystemen en de Nederlandse industrie staat klaar om die markt te bedienen met hoogwaardige produkten. Wie nu de stap van kleinschaligheid naar grootschaligheid kan maken heeft de kans de markt definitief open te breken en een proces in gang te zetten dat binnen enkele jaren kan leiden tot een sterk groeiende zonne-energie industrie van internationale allure.



M. Baardman is directeur van EBS b.v., voor ontwikkeling, ontwerp en fabricage van Energie Besparende Systemen, gevestigd te Grave. Het bedrijf is sinds 1976 gespecialiseerd in Zonne-energiesystemen. Voordien was de heer Baardman werkzaam in de chemische industrie en in groot-metaal, o.a. als technisch directeur. Hij is voorzitter van de Nederlandse vereniging voor toepassing van Zonne-energiesystemen 'HOLLAND SOLAR'.

Tien jaar geleden, toen de Nederlandse zonne-energie industrie zich nog in het 'pre-natale' stadium bevond, werd de basis voor deze ontwikkeling gelegd. De alarmerende conclusies van de Club van Rome en de schok van de oliecrisis werden politiek vertaald in een nieuw energiebeleid waarin diversificatie van energiebronnen en besparing centraal stonden. De belangstelling voor 'alternatieve' energiebronnen nam snel toe bij publiek en overheid, zij het dat aanvankelijk met enige scepsis naar zonne-energie werd gekeken. In de Energienota (1974), waarin het nieuwe beleid is verwoord, wordt het nog slechts 'mogelijk geacht dat zonne-energie binnen tien tot vijftien jaar op bescheiden schaal zal worden gebruikt als verwarmingsbron voor huizen en gebouwen'. In de jaren die volgden, maakte de aanvankelijke scepsis echter plaats voor een ongebreideld enthousiasme dat gepaard ging aan hooggespannen verwachtingen.

Op grond van de verwachte verdere olieprijsstijgingen, de besparingsmogelijkheden en de voorspelde kosten/baten-verhouding van zonnewarmtesystemen werd een snelle en succesvolle marktpenetratie verwacht. Op zich was deze verwachting gerechtvaardigd, maar rond 1980 werden de vooronderstellingen die er aan ten grondslag lagen ondergraven. De olieprijzen stegen minder snel, isolatie en een bewuster energiegebruik verschoven zonne-energie naar het tweede plan en de rendementsverbeteringen van verwarmingsinstallaties verminderden de besparingsmogelijkheden. Gevolg: een tanende belangstelling. Thans, weer een paar jaar later, zit zonne-energie weer in de lift van de publieke belangstelling. Er is echter een essentieel verschil met een paar jaar geleden: de industrie is de kinderschoenen ontgroeid.

Industriële ontwikkeling

Toen EBS in 1976 werd opgericht, was zonne-energie nog industrieel onontgonnen terrein in Nederland. De kennis was vooral geconcentreerd bij enkele onderzoekinstituten (TNO, TH's en een enkele universiteit) en het was dan ook niet verwonderlijk dat EBS zijn systeemontwikkeling ter hand nam in samenwerking met deze instituten. Na korte tijd had EBS al een Europese primeur: een compleet zonne-energiesysteem voor tapwaterverwarming. Zonnecollectoren, opslagvat en regelinstallatie werden in onderlinge samenhang ontwikkeld en als geïntegreerd systeem op de markt gebracht. Deze aanpak bleek de basis te leggen voor de verdere groei van het bedrijf; een groei die geleid heeft tot een marktaandeel van thans circa 75% in Nederland.

De overheid zorgde voor een belangrijke stimulans voor de industriële ontwikkeling van de zonne-energiebranche door in 1978 een Nationaal Onderzoekprogramma Zonne-energie (NOZ) te starten. Tal van onderzoekprojecten gaven de onderzoekwereld en de industrie de gelegenheid, vaak in onderlinge samenwerking, kennis en ervaring op te doen met de nieuwe technologie. Voor de industrie was het soms teleurstellend dat de nadruk daarbij veelal kwam te liggen op onderzoek sec en dat de aansluiting met de praktijk onvoldoende was gewaarborgd. Maar het is buiten kijf dat het NOZ in niet geringe mate heeft bijgedragen tot het hoogwaardige karakter dat de huidige Nederlandse zonnewarmte-systemen kenmerkt.

De problemen waarmee de ontluikende zonne-energiebranche geconfronteerd werd, waren legio. De hooggespannen verwachtingen in de beginperiode konden niet waargemaakt worden. Door een 'ambachtelijk' fabricageproces en een verkeerde dimensionering van de systemen was de kosten/batenverhouding vaak zeer teleurstellend. De grote verschillen in prijs, rendement en kwaliteit van de diverse aangeboden systemen kwamen het vertrouwen in zonne-energie evenmin ten goede. Deze situatie, tezamen met de al snel tanende belangstelling, bracht de zonne-energie industrie in 1981/1982 in een diep dal. Deze sombere situatie heeft een positieve kant gehad. Van alle kanten werd met grote volharding gewerkt aan kostprijsverlaging en gelijktijdige verbetering van de systemen. Dat dit succesvol is geweest moge blijken uit de volgende cijfers: sinds 1976 is de gemiddelde kostprijs van zonne-energiesystemen voor tapwaterverwarming tot minder dan de helft teruggebracht terwijl de rendementen met zo'n 50% zijn toegenomen. Het is niet overdreven te stellen dat een technische doorbraak heeft plaatsgevonden in de vorm van een tweede generatie zonnewarmtesystemen.

Tweede generatie systemen

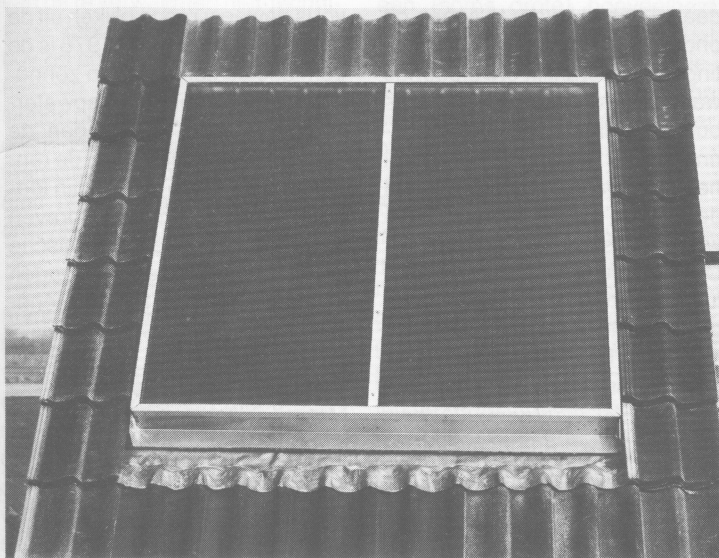
Met tweede generatie zonnewarmtesystemen worden systemen bedoeld die een praktische optimalisatie in technische en economische zin mogelijk maken. Dat van een generatie ge-

sproken wordt geeft al aan dat met deze systemen een periode is afgesloten. De technische verbeteringen zijn enerzijds te danken aan perfectionering van de systeemcomponenten en aan verbeterde of soms geheel nieuwe systeemontwerpen, anderzijds aan betere dimensionering en nauwkeuriger opbrengstberekeningen. Hoewel de ontwikkelingen bij de verschillende bedrijven langs verschillende lijnen lopen, spitst het industriële gebeuren zich toch altijd toe op verlaging van de produktkosten en verhoging van de waarde van het produkt. Zo ook in de zonne-energie, met als resultaat dat de kosten/batenverhouding van zonnewarmtesystemen de laatste jaren spectaculair is gestegen.

De markt

De Nederlandse markt voor zonnewarmtesystemen begint zich vrij duidelijk af te tekenen. Toen de Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek (LSEO) in 1976 een indicatie gaf van de mogelijke energiebesparing met zonnewarmtesystemen, kwam zij tot het equivalent van één miljard kubieke meter aardgas in de gezinshuishoudingen. De honderd-

Zonnecollector als een geïntegreerd geheel in een dakopbouw.



De vooruitzichten voor de Nederlandse industrie zijn riant als het om export gaat.

duizenden vierkante meters collectoroppervlak die daarvoor nodig zijn, vormen op zich een aantrekkelijke markt. Wonderlijk is echter dat de LSEO andere sectoren niet meetelde bij de verwachtingen. Als men thans naar de markt kijkt valt op dat de toepassingsmogelijkheden van zonnewarmtesystemen dwars door alle sectoren heengaan. Sterker: hoewel de woningbouw op lange termijn waarschijnlijk de grootste afnemer van zonnewarmtesystemen zal zijn, liggen op korte termijn de beste kansen in andere sectoren.

Voor de beoordeling van de markt is een indeling in sectoren niet de handigste: een indeling in toepassingsgebieden verdient de voorkeur. Beperkt men zich tot de toepassingen die de komende jaren de beste perspectieven bieden, dan ontstaat de volgende indeling:

– bassinverwarming
– droging en proceswarmte (lage temperaturen)
– tapwaterverwarming
– ruimteverwarming (industrieel en agrarisch)
– ruimteverwarming (woninbouw)

Deze volgorde is niet willekeurig, maar volgt (zeer globaal) uit de terugverdientijd van de systemen.

Dat bassinverwarming boven aan het overzicht staat is begrijpelijk als men zich bedenkt dat de zonnewarmte bij deze toepassing direct afgegeven wordt, dus zonder opslagsysteem. In de meeste gevallen stroomt het bassinwater direct door de onafgedekte collector. Het bassin zelf houdt de warmte vast. Deze techniek wordt gebruikt in zwembaden, viskwekerijen en bij sommige industriële processen. Bij een temperatuurniveau dat tussen 10 en 25°C ligt, zijn de besparingen van dien aard dat de terugverdientijd van een adequaat zonnewarmtesysteem ruim beneden de vijf jaar ligt.

Drogingsprocessen en andere processen waarbij de warmte wordt verkregen via een afgedekte collector, geven een terugverdientijd te zien van vier tot zeven jaar. Voorbeelden zijn te vinden in kalvermesterijen, de bloembollenteelt, enzovoorts.

Systemen voor warm-tapwaterbereiding vindt men in alle sectoren; in de woning- en utiliteitsbouw, in land- en tuinbouw, in de industrie en in de recreatieve sector. De installaties zijn meestal ontworpen op een dekking van circa 50% van de warmtebehoefte; de opslagtermijn is doorgaans beperkt tot één à twee dagen.

Voor ruimteverwarming tenslotte moet men een onderscheid maken tussen verwarming gedurende het hele jaar en verwarming gedurende het stookseizoen. Om het zonnewarmtesysteem in economische zin te optimaliseren, zal men in het eerste geval doorgaans kiezen voor een beperkte warmteopslag (1 à 2 dagen). Voorbeelden van toepassingen zijn: klimaatruimtes voor planten en stallen voor fokvee. Ruimteverwarming in het stookseizoen (woning- en utiliteitsbouw) vereist een warmteopslag van enkele weken tot enkele maanden en een relatieve systeemtemperatuur van 40 tot 70°C – als men tenminste een hoog dekkingspercentage wil bereiken. De hoge investeringskosten die één en ander met zich brengt, leiden tot een vrij lange terugverdientijd van dit soort systemen. In een tijd waarin de initiële kosten vaak belangrijker zijn dan de baten op langere termijn, zijn de afzetmogelijkheden voor dergelijke systemen beperkt; reden waarom zij het overzicht afsluiten.

Met alle hierboven beschreven systemen is in Nederland ervaring opgedaan. Op de kaart kan men hiervan een indruk krijgen. Afgebeeld staan de systemen die EBS in Nederland heeft gerealiseerd (situatie begin 1984).

Verschillende mogelijkheden

Afgestemd op de aard en de grootte van het energiegebruik en rekening houdend met de kosten/baten-verhouding worden collectoren geleverd van verschillende warmteopbrengst. Zo zullen voor een zwembad, waar het zwembadwater direct in de collectoren wordt opgewarmd, eenvoudige onafgedekte en ongeïsoleerde zwarte collectoren worden toegepast. Dergelijke collectoren zijn al in diverse uitvoeringen beschikbaar. Voor platte en hellende daken, voor pergola's en grondopstellingen zijn complete zonnecollectormodules te leveren die gemakkelijk te plaatsen zijn. Een soortgelijk beeld ontstaat voor verschillende toepassingen in de agrarische en industriële sectoren. Diverse toepassingen waarbij de zonnewarmte direct wordt benut zijn rendabel en worden gekenmerkt door een korte terugverdientijd.

Voor tapwaterverwarming bestaan ook diverse mogelijkheden. Eenvoudige, waterdichte montage van de collector is mogelijk; ook de overige werkzaamheden op de bouwplaats zijn beperkt doordat de verschillende componenten (warmteopslag, pomp, regeling en beveiligingen) tot één produkt zijn samengevoegd. Dit soort systemen is uit te breiden met een geïntegreerde naverwarming van de complete



Afgedekte collector voor toepassingen tot 80°C

EBS heeft al een zeer kostenbewust energiedak ontwikkeld voor ruimteverwarming met behulp van een warmtepomp die warmte uit de zon en de buitenlucht op een temperatuurniveau van circa 50°C brengt.

warmtapwatervoorziening. Uitbreidingen vanuit het zonneboilersysteem zijn ook systemen voor beperkte ruimteverwarming in voor- en naseizoen (de zgn vergrote zonneboiler). Gelet op de huidige produktie-aantallen van zonneboilers is nog geen economische rentabiliteit verkregen in deze sector; zodra de industrie in de gelegenheid komt om in grotere series te gaan produceren zal dat echter veranderen.
Zonnewarmte-toepassingen in andere sectoren, zoals warmtapwaterleiding in hotels, ziekenhuizen, restaurants, kantines, agrarische bedrijven, enzovoorts die in het algemeen economisch aanzienlijk gunstiger zijn, zullen dit perspectief zeer bespoedigen.

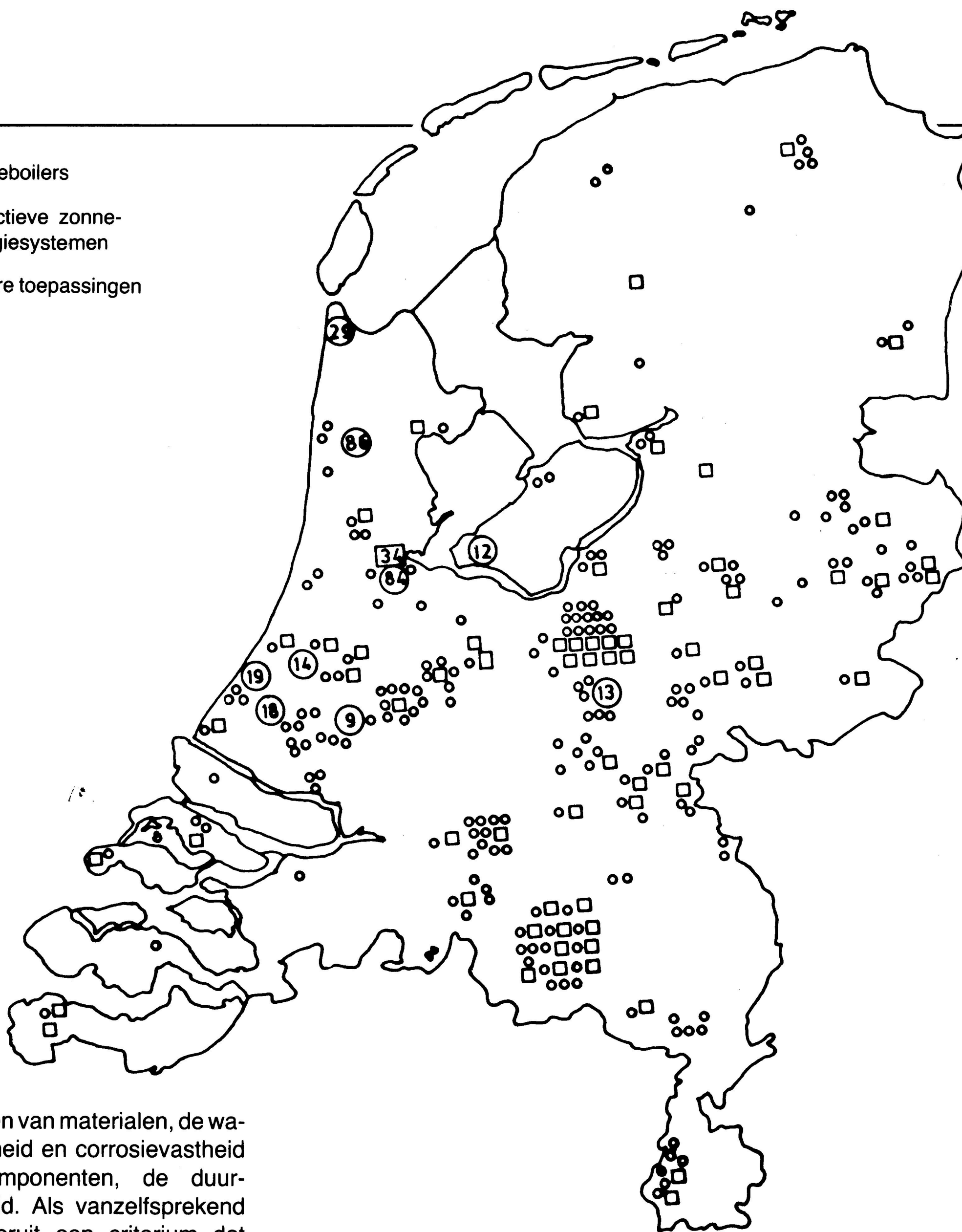
Voor ruimteverwarming in de woningbouw ligt de rentabiliteit ongunstiger. Dit wordt vooral veroorzaakt door de grotere ongelijktijdigheid van zonaanbod en warmtebehoefte. De vooruitzichten zijn echter niet ongunstig. Het onderzoek dat EBS in samenwerking met andere instellingen verricht, begint vruchten af te werpen. Uit de ervaringen die zijn opgedaan in onderzoekprojecten en demonstratieprojecten ontstonden uitgekiende dakconstructies, nieuwe collectortypen en eenvoudiger systeemontwerpen.
EBS heeft al een zeer kostenbewust energiedak ontwikkeld voor ruimteverwarming met behulp van een waterpomp die warmte uit de zon en de buitenlucht op en temperatuurniveau van circa 50 °C brengt.
Zo komt ook ruimteverwarming binnen de grenzen van de aanvaardbare rentabiliteit.

Criteria voor industrieel succes
De Nederlandse industrie heeft op het gebied van zonne-energie een bijzonder snelle ontwikkeling doorgemaakt. Tien jaar geleden nog was zonne-energie hier slechts een hobby van een enkeling, nu al heeft de Nederlandse industrie internationaal een technologische voorsprong.
Net als voor elke nieuwe technologie, geldt voor zonne-energie dat de fabricageprocessen voortkomen uit conventionele technieken die elders al ingang hebben gevonden. Voor zonne-energie in het bijzonder geldt bovendien dat de systemen aan moeten sluiten op technieken die in de bouw- en installatiewereld gebruikelijk zijn. Zowel bij de systeeminpassing als in de componentenbouw moeten derden worden ingeschakeld voor de realisatie. Enkele voor de hand liggende betrokkenen zijn de architect en de aannemer voor bouwkundige zaken, de adviseur en de installateur voor installatietechnische zaken, de fabrikant voor de vervaardiging van halffabrikaten. Ook nutsbedrijven en welstandscommissies spelen hun rol voor toetsing en goedkeuring, en uiteraard ook de gebouweigenaren en gebruikers voor de economische kant en het onderhoud.
Hieruit valt het eerste criterium voor een goed zonnewarmtesysteem af te leiden: de installaties moeten zo zijn ontworpen dat derden er zo min mogelijk werk aan hebben. Dat vereist een *eenvoudig systeemontwerp*, gemakkelijk inpasbaar in de traditionele bouw en afgestemd op geldende technische eisen. Het tweede criterium is van *technisch-economische* aard. Een zonnewarmtesysteem moet op een economisch verantwoorde wijze aansluiten op de energiebehoefte van de gebruiker. Enerzijds is dit een kwestie van economische optimalisatie, anderzijds van een ver doorgevoerde beheersing van de techniek. Zaken als warmteopbrengst, warmteverliezen, materiaaleigenschappen en duurzaamheid, stellen hoge eisen aan de vakbekwaamheid van de fabrikant. Niet alleen moet hij in staat zijn een technisch hoogwaardig produkt te leveren, hij moet ook de technische en economische eisen in evenwicht kunnen brengen – technische perfectie kan economisch volkomen onverantwoord zijn.
Dit betekent overigens niet dat technische perfectie vermeden moet worden. Integendeel, binnen de grenzen die de markt stelt moet gestreefd worden naar een zo goed mogelijk produkt. In dat verband zijn vooral de testprocedures zoals die ondermeer door de Technisch Physische Dienst TNO-TH worden gehanteerd, van groot industrieel belang. Het gaat daarbij om toetsing van diverse kenmerken van zonnewarmtesystemen: de thermische opbrengst van collectoren en systemen, de thermische eigen-

○ zonneboilers

◯ collectieve zonne-energiesystemen

□ andere toepassingen



schappen van materialen, de waterdichtheid en corrosievastheid van componenten, de duurzaamheid. Als vanzelfsprekend volgt hieruit een criterium dat voor de zonne-energie industrie als geheel geldt: zorg dat de *kwaliteit van de systemen* de toets der kritiek kan doorstaan. Niets is belangrijker voor industrieel succes dan een tevreden markt.

De hierboven geformuleerde criteria vormen de basis voor de vernieuwingen die geleid hebben tot de tweede generatie zonnewarmtesystemen. De Nederlandse industrie is op het punt gekomen dat zij zulke systemen kan leveren. Daarmee is die industrie in één klap in de internationale voorhoede terecht gekomen. Wie in Nederland kan scoren, speelt in zonrijker landen voor open doel.

Export
De vooruitzichten voor de Nederlandse industrie zijn riant als het om export gaat. De Nederlandse fabrikanten van zonnewarmtesystemen moesten hun ontwikkelingswerk afstemmen op ons druilerige klimaat. In een land als het onze telt elk procent rendementsverbetering. Het gevolg is dat er een systeemopbouw is gerealiseerd die internationaal bezien uniek is. Feasibility studies in zonrijke gebieden hebben al aangetoond dat de hoogwaardige Nederlandse produkten ook daar hogere opbrengsten geven tegen lagere kosten. In landen waar men het met de rendementen niet zo nauw neemt of hoeft te nemen rekent men graag in investeringskosten per vierkante meter collectoroppervlak. Zo berekend is een Nederlands systeem altijd duur. De Nederlandse collectoren zijn beter (en daarom ook duurder), maar dank zij een goede dimensionering en de hoge warmteopbrengst is het benodigde collectoroppervlak geringer. Per saldo zijn deze systemen zeer concurrerend. Er is dus alles aan gelegen dat de Nederlandse industrie de internationale markt opgaat. Met de nodige ondersteuning van de overheid kan Nederland zich internationaal manifesteren als een van de belangrijkste leveranciers van zonne-energiesystemen.

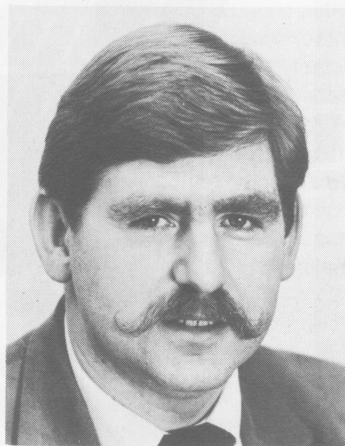
Schone technologie
Dat zonne-energie in de toekomst ook in Nederland een rol van betekenis zal vervullen, daarover mag geen twijfel bestaan. Het is welhaast zeker dat de energieprijzen in de toekomst zullen blijven stijgen. De tijd verstrijkt in het voordeel van zonne-energie; uiteindelijk levert de zon gratis energie. Elke energieprijsstijging verhoogt de geldelijke besparing die een zonnewarmtesysteem levert en verbetert zodoende de rentabiliteit. Politieke en maatschappelijke prioriteiten veranderen ook in het voordeel van zonne-energie. Het milieu wordt steeds kwetsbaarder en een schone technologie als zonne-energie is alleen daarom al een welkome aanvulling op de conventionele verwarmingsprocessen.

Ik begon dit artikel met de woorden 'Met een beetje goede wil . . .' Als de omstandigheden er naar zijn om de Nederlandse zonne-energie industrie tot volle wasdom te brengen en de markt daar bovendien rijp voor is, waarvoor dan toch de voorwaarde van een beetje goede wil? In essentie komt het er op neer dat de Nederlandse zonne-energie industrie nog teveel het karakter van kleinschaligheid draagt. Die kleinschaligheid heeft de ontwikkeling van een hoogwaardig produkt gelukkig niet in de weg gestaan. Waar we nu aan toe zijn is een industriële aanpak die een grootschalige produktie van tweede generatie zonnewarmtesystemen mogelijk maakt. Serieproduktie is het adagium voor de komende jaren. Als de industrie in serie standaardprodukten kan leveren breekt de markt – ook internationaal – open. De lagere produktie- en installatiekosten verbeteren de kosten/batenverhouding en vergroten zodoende de afzetmogelijkheden. Het beetje goede wil is nodig om de stap van kleinschaligheid naar serieproduktie te kunnen zetten. Als alle betrokkenen – industrie, overheid en bankwezen – in een gezamenlijke inspanning de bereidheid opbrengen om die stap te zetten, ziet de toekomst er zonnig uit. ■

IR. C. DEN OUDEN OVER TOEKOMST ZONNE-ENERGIE:

'DE VICIEUZE CIRKEL STAAT OP BARSTEN'

'Ik denk niet dat zonne-energie over zo'n jaar of dertig veel meer dan zeg een of twee procent van onze behoefte aan energie zal kunnen dekken. Tenzij er natuurlijk een sterker op de toepassing gericht stimulerend overheidsbeleid komt. Het is een beetje een vicieuze cirkel waar we de laatste tien jaar in hebben gezeten. Mijn gevoel zegt me dat die cirkel langzamerhand op barsten staat. Dat komt dan overigens niet alleen door het stimulerende beleid van de Nederlandse overheid, maar ook omdat een paar industrieën zijn gaan inzien dat ze wat meer in het buitenland hun gezicht moeten laten zien.'
Dat zegt ir. C. den Ouden, sinds 1974 hoofd van de afdeling Warmte-instrumentatie van de Technisch Physische Dienst TNO-TH (TPD) in Delft. Tien jaar lang leidde Den Ouden het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de zonne-energie binnen TNO. Binnenkort vertrekt hij naar het bedrijfsleven. Een gesprek over een decennium wel en wee.


Ir. C. den Ouden

Bij het technisch-wetenschappelijke speurwerk van de TPD gaat het in eerste instantie om thermische toepassing van zonne-energie, dat wil zeggen om het benutten van het zonlicht voor *verwarming*. Produktie van elektriciteit met behulp van foto-voltaïsche (zonne)cellen staat niet op de lijst van te onderzoeken onderwerpen. (Elders binnen TNO, bij het ITC-TNO, het Instituut voor Toegepaste Chemie TNO in Utrecht/Zeist, wordt gestudeerd op de mogelijkheid zonne-energie fotochemisch op te slaan voor later gebruik op eventueel een andere plaats.)

Zat niet lekker
In 1974 bestond de thans zestien medewerkers omvattende afdeling Warmte-instrumentatie nog maar uit drie man. Den Ouden: 'De oliecrisis van 1973 gaf de doorslag bij het besluit meer te gaan doen aan zonne-energie. Ik was toen nog wetenschappelijk medewerker bij de afdeling Technische Natuurkunde van de Delftse Technische Hogeschool. Men wist dat ik daar helemaal niet zo lekker zat en dat ik verder wilde. Ir. H. de Zeeuw, de toenmalige directeur van de TPD, belde me op een gegeven moment. Of ik wilde komen praten. We waren snel rond. Toen ben ik bij TNO gekomen om het onderzoek op het gebied van de zonne-energie op poten te gaan zetten.'
Er was bij de TPD tien jaar geleden nog niet zo veel expertise op het gebied van de zonne-energie. Toch speelde de zon al een rol in het wetenschappelijk onderzoek van de Delftse dienst. Den Ouden: 'De TPD had jarenlang onderzoek gedaan naar het weren van de zon uit gebouwen om 's zomers een te sterke stijging van de temperatuur tegen te gaan. En of je nu de zon moet weren of haar moet benutten, het gaat om toepassing van dezelfde fysische principes, om dezelfde basisfysica.'

Nationaal programma
Ook de overheid had lering getrokken uit de oliecrisis en besloot het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de zonne-energie te gaan bevorderen. 'De eerste twee projecten', herinnert Den Ouden zich, 'waren opdrachten van het ministerie van Economische Zaken. We kregen vier ton voor een voorstudie, om de onderzoeksprioriteiten aan te geven. Vervolgens besteedde het ministerie anderhalf miljoen gulden voor de verwezenlijking van bepaalde onderzoeksdoelen uit ons werkplan.'
In 1978 ging het zogeheten 'Nationaal Onderzoeksprogramma Zonne-energie' (NOZ) van start. Den Ouden: 'Daarin zaten onderdelen van ons werkplan verwerkt. Wij waren toen gelijk de grootste contractant van het NOZ en dat zijn we altijd gebleven.'

Het nationale programma wordt in vier fasen verwezenlijkt. In de eerste fase (1978-1981) ging het vooral om de toepassing van zonne-energie voor het leveren van warm water (zonneboilers). In de tweede fase, de huidige fase, staat de 'ruimteverwarming' centraal, het verwarmen dus van de vertrekken van een woning. In de derde fase zal het gaan om ruimteverwarming gecombineerd met 'seizoenopslag', het zo mogelijk tot aan koude dagen en nachten proberen te bewaren van zomerse zonne-energie. Tenslotte komen in de vierde fase van het NOZ de onderwerpen koeling en klimaatbeheersing aan de orde.

'Het is niet zo', zegt Den Ouden, 'dat je als je een huis met zonne-energie wilt verwarmen of ten dele wilt verwarmen, kan volstaan met het plaatsen van een zonnecollector op het dak en een opslagvat eronder. Dat werkt niet goed. Als collector-oppervlak en opslagvat niet goed zijn afgestemd op het klimaat, dat wil zeggen op de te verwachten vraag naar warmte van de bewoners van het huis, haal je heel slechte rendementen.'

Rekenmodellen
Vandaar dat de TPD al praktisch vanaf het prille begin van de zonne-energie bezig is met het ontwikkelen van rekenmodellen. Deze programmatuur moet tot een zo hoog mogelijk rendement van de verschillende op zonne-energie werkende systemen leiden.
De modellen – en vooral de verschillende aannames die er aan ten grondslag liggen – moeten worden getoetst. Dat gebeurt in de zogeheten 'pilot test facility' in Delft, een van de acht proefopstellingen die er in de landen van de Europese Gemeenschap zijn. In bijna elk land van de EG is een zogeheten 'ptf'. Is dat niet wat veel? Den Ouden: 'Je moet vaak een paar maanden draaien om het effect te bekijken van het wijzigen van een enkele variabele. En er spelen nogal wat variabelen een rol. Om alle vragen die zouden kunnen worden gesteld te beantwoorden zou één ptf tientallen jaren lang bezig zijn.'

Gedrag bewoners
De 'pilot test facility' kan rekening houden met alle mogelijke warmtevragen van de bewoners, maar dan gaat het natuurlijk wel om de gesimuleerde vraag naar warmte van niet bestaande bewoners. Echte bewoners van zonnewoningen zouden best eens anders kunnen reageren in een bepaalde situatie dan de programmeurs denken.
In Zoetermeer heeft de TPD daarom meegewerkt bij het ontwerpen van vier zonnewoningen die in 1977 zijn gebouwd. De huizen zijn precies hetzelfde, zij het

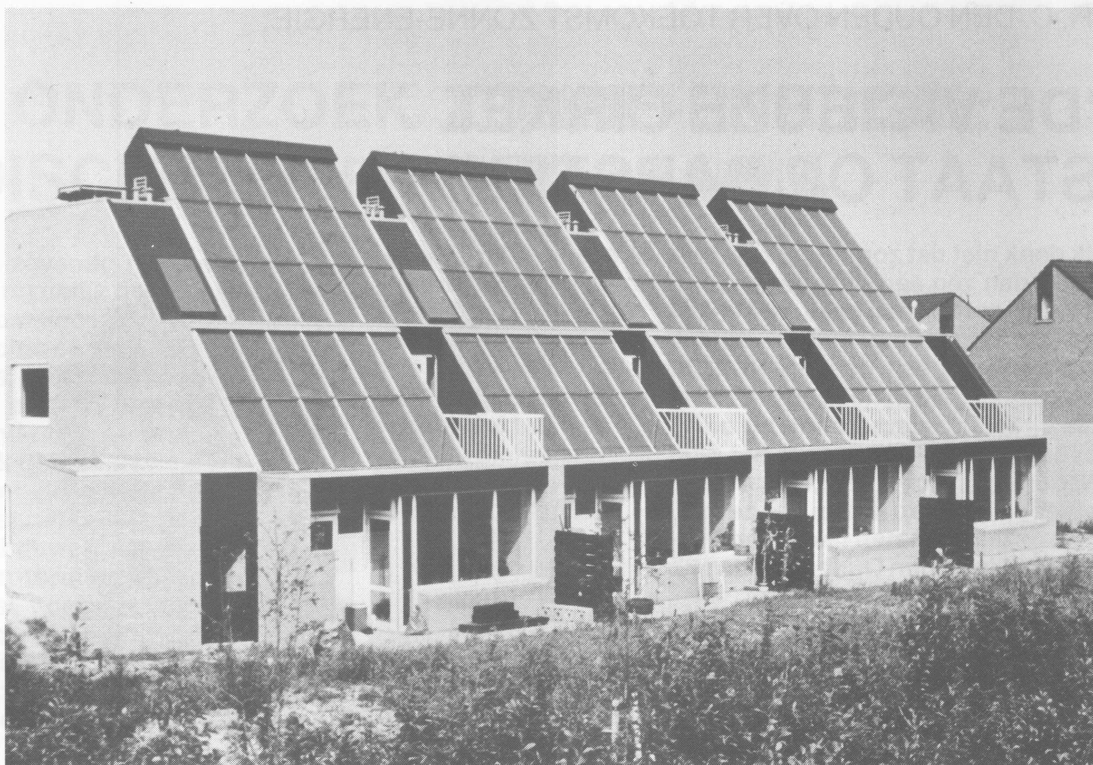
Het gedrag van bewoners heeft een gigantische invloed op de opbrengst van een systeem. Per vierkante meter collector-oppervlak kan het een verschil van dertig procent in de opbrengst uitmaken.

dan ook dat er uiteraard twee hoekwoningen bij zijn en twee huizen die zijn ingebouwd. De vier woningen maken gebruik van vier verschillende zonne-energie-systemen: een vloeistofcollector gekoppeld met vloerverwarming, een vloeistofcollector die het huis verwarmt via radiatoren, een luchtcollector die warme lucht de woning inblaast en een vloeistofcollector gekoppeld met luchtverwarming. De gezinnen die in de huizen wonen zijn vrij willekeurig gekozen. Den Ouden: 'De vier huizen met de vier verschillende systemen hebben we gedetailleerd met elkaar vergeleken. We hebben er erg veel van geleerd. Zo heeft het gedrag van de bewoners een gigantische invloed op de opbrengst van een systeem. Per vierkante meter collector-oppervlak kan dat een verschil van dertig procent in de opbrengst uitmaken.'

Een van de punten is dat systemen die op zonne-energie werken niet op een koude morgen snel het huis alleen met zonne-energie behaaglijk warm kunnen krijgen. Den Ouden: 'Als je 's morgens vroeg, terwijl er genoeg warmte in het opslagvat zit, met alle geweld binnen een kwartier je woning op temperatuur wilt hebben, dan ga je fossiele brandstof gebruiken terwijl dat eigenlijk niet nodig is. Je kunt het huis niet binnen een kwartier maar misschien wel binnen een half uur alleen met zonne-energie lekker warm krijgen. Daar zul je rekening mee moeten houden.'

Overgedimensioneerd

Welk van de vier Zoetermeerse systemen is technisch het beste?



Zonnehuizen in Zoetermeer, waar de vier huizen met vier verschillende systemen zijn uitgerust.

Den Ouden: 'Het beste systeem is duidelijk de combinatie vloeistofcollectoren met luchtverwarming. Dat systeem geeft de hoogste opbrengst per vierkante meter collectoroppervlak. Er is echter ook een andere manier om zonne-energie-systemen met elkaar te vergelijken en dat is door te kijken naar de opbrengst per geïnvesteerde gulden. Als je dat doet, komt dit systeem er weer niet als beste uit. Het systeem is technisch het beste, maar niet het meest voordelige.'

Een van de conclusies van de TPD uit het experiment-Zoetermeer is dat dit soort zonnewoningen maar beter niet meer kan worden gebouwd. Den Ouden: 'Het zijn overgedimensioneerde systemen. We hebben de opdrachtgever daar destijds ook voor gewaarschuwd. De collector-oppervlakken zijn eigenlijk te groot. Een groot deel van de zomer staan die collectoren in wezen niets te doen. Om het anders te zeggen: met zestig procent van het collector-oppervlak, voor mijn part met de helft ervan, had je driekwart van de opbrengst gehaald.'

Nu zijn dergelijke argumenten vaak moeilijk aan een opdrachtgever over te brengen. Deze immers let in eerste instantie voornamelijk op de hoeveelheid energie die in een zonnewoning wordt 'uitgespaard', dat wil zeggen niet van het plaatselijke energiebedrijf hoeft te worden gekocht. Den Ouden: 'De opdrachtgever wil laten zien dat je met zonne-energie op z'n minst de helft van de energierekening kan afhalen. Een verhaal in de trant van: het scheelt slechts twintig procent op de rekening van het energiebedrijf, maar de opbrengst per geïnvesteerde gulden is zo mooi, is geen spectaculair verhaal. Een dergelijk verhaal verkoopt niet zo goed. Dat gold zeker in het midden van de jaren zeventig toen de Zoetermeerse zonnewoningen werden gebouwd.'

De industrie op het gebied van de zonne-energie is nog zo bescheiden bezig – het zijn nauwelijks series te noemen.

Doorbraak op komst?

Den Ouden verwacht veel van integratie van componenten voor zonne-energie-systemen en van een meer seriematige produktie van deze systemen. Daarmee zou de 'meerprijs' (het bedrag dat een woning met een zonne-energie-systeem meer kost dan dezelfde woning zonder dat systeem) omlaag kunnen. Deze meerprijs ligt nu voor een gemiddeld rijtjeshuis op iets minder dan 10 000 gulden.

Den Ouden: 'De industrie op het gebied van de zonne-energie is nog zo bescheiden bezig – het zijn nauwelijks series te noemen. Door serieproduktie en door integratie van componenten zou je de meerprijs nog kunnen terugbrengen tot – laat ik voorzichtig zijn – zo'n 5 000 tot 6 000 gulden. En dan praat je over extra bedragen die – zeker als de overheid zich hier een beetje serieus achter zou zetten – tot een doorbraak in Nederland op het gebied van de zonne-energie zouden kunnen leiden.'

In hoeveel jaar heeft een gemiddeld Nederlands gezin een dergelijke extra investering van zo'n 6 000 gulden terugverdiend? Den Ouden: 'Ik kan alleen maar zeggen dat je bij deze toepassing van zonne-energie nog altijd zit met een terugverdientijd die groter is dan tien jaar. Zelfs bij een meerprijs van 5 000 tot 6 000 kom je niet onder die grens. Dat komt omdat we ook bij deze installaties in de zomer de warmte van de zon nauwelijks benutten. 's Zomers wordt de energie alleen gebruikt voor het verwarmen van het tap- en badwater. Pas als we de zonne-energie van de zomer zouden kunnen bewaren voor de winter, krijgen we misschien de echte grote doorbraak.'

Zomers wordt de energie alleen gebruikt voor het verwarmen van het tap- en badwater. Pas als we de zonne-energie van de zomer zouden kunnen bewaren voor de winter, krijgen we misschien de echte grote doorbraak.

Beyum – seizoenopslag

Midden 1984 worden in een nieuwbouwwijk van de stad Groningen, Beyum, 96 zonnewoningen opgeleverd. De door de zonnecollectoren in de zomer verzamelde warmte wordt grotendeels opgeslagen in een ondergronds reservoir. Tegen de tijd dat het 's avonds weer wat kouder gaat worden, kunnen de bewoners de ondergrondse voorraad zonne-energie aanspreken.

De TPD en het Laboratorium voor Grondmechanica in Delft hebben het experimentele systeem ontworpen. Den Ouden: 'De bedoeling is dat we nog twee jaar lang, als er gezinnen in de huizen wonen, metingen zullen uitvoeren om te kijken hoe het totale systeem werkt. In het laatste kwartaal van 1986 is ons eindrapport te verwachten.'

Met zonnecollectoren water verwarmen, dat water vervoeren naar een centraal punt in het wijkje, de warmte opslaan in de grond en een paar maanden later weer warm water door de radiator laten stromen – is dat geen verre toekomstmuziek?

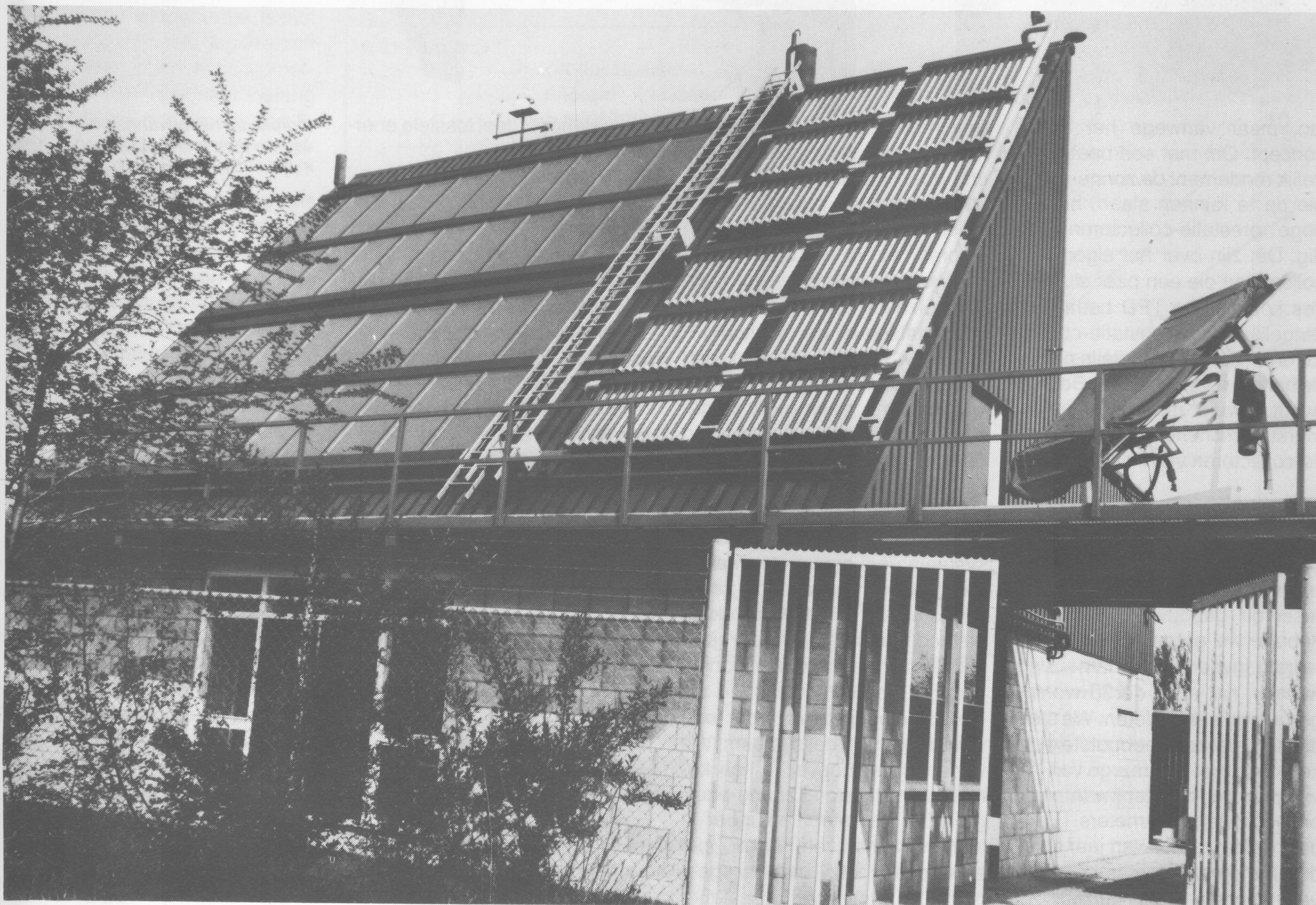
Den Ouden: 'Ja, als ik reëel ben, dan kan ik er niet omheen te zeggen dat je met een dergelijke seizoenopslag natuurlijk wel de opbrengst per vierkante meter collector-oppervlak drastisch verhoogt, maar dat je daar natuurlijk weer wel een prijs achter moet zetten.'

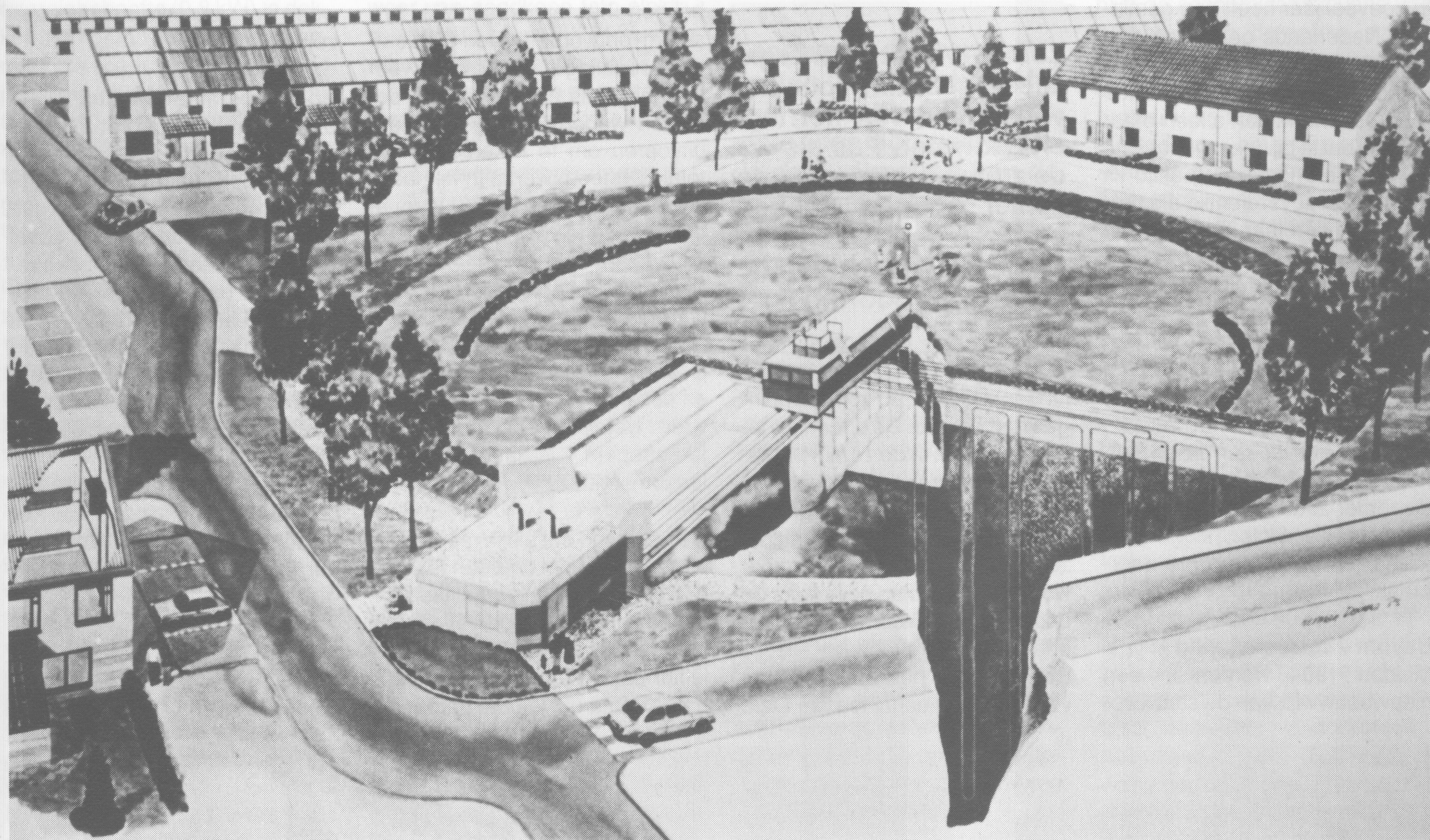
Hoge prestatie-collector

De meerprijs van het project-Beyum liegt er niet om: in totaal kosten de eengezinswoningen naar schatting zo'n 30 000 gulden meer dan anders het geval zou zijn geweest. Den Ouden rekent voor dat ongeveer 60 procent hiervan de kosten zijn van de (hoge prestatie-)collector. Omstreeks 25 procent van dit bedrag is bestemd voor de seizoenopslag en de rest gaat op aan andere voorzieningen.

Den Ouden: 'Een project als Beyum is zo duur, niet zo zeer vanwege de seizoenopslag, want die is per woning nog redelijk te beta-

Een van de acht proefopstellingen die er in de landen van de EG zijn, staat in Delft.





len, maar vanwege het totale concept. Om met een beetje redelijk rendement de zonne-energie op te kunnen slaan, heb je hoge prestatie-collectoren nodig. Dat zijn over het algemeen collectoren die een paar stuivertjes kosten.' De TPD heeft een dergelijke hoge prestatie-collector ontwikkeld, maar die is niet in de handel verkrijgbaar. In Beyum wordt gewerkt met de wel op de markt verschenen hoge prestatie-collectoren van Philips.

Omgekeerde koelkast

Het project-Beyum vordert gestaag. Den Ouden: 'We hebben eerst het ondergrondse opslagreservoir gebouwd. De opslag hebben we getest met gesimuleerde invoer en afname van warmte, net alsof de 96 woningen waren aangesloten. We stelden vast dat de nagebootste werkelijkheid met een marge van vijf procent overeenkwam met onze ontwerpparameters. Vandaar dat zo'n driekwart jaar geleden het groene licht is gegeven voor de bouw van de huizen.'

Beyum, zegt Den Ouden nadrukkelijk, is een onderzoeksproject en geen demonstratieproject. 'We hebben de principes goed willen bekijken. We wisten van tevoren dat het een duur project zou worden. Je kan bijvoorbeeld ook hetzelfde soort opslagreservoir plaatsen bij een kantoorgebouw en in dat systeem een warmtepomp integreren (een warmtepomp is een soort 'omgekeerde koelkast' die warmte aan de buitenlucht onttrekt en koelere binnenlucht naar buiten blaast).'

'Daarmee kun je dan het totale systeem veel compacter maken dan in Beyum waar toch transport van warmte over een zekere afstand van woning naar reservoir en van reservoir naar woning nodig is. In Beyum hebben we bewust niet gekozen voor een warmtepomp in het systeem. We wilden kijken hoever je kon komen met uitsluitend zonne-energie. Een warmtepomp moet je immers aandrijven, hetzij met elektriciteit, hetzij met een gasmotor. Dus dan begin je al met een belangrijk deel fossiele energie te gebruiken.

Niet alleen in Groningen, ook in het Verre Oosten is de TPD actief De keukens op de luchthaven van Singapore moeten duizenden maaltijden per dag klaarmaken. Daarbij is per dag ongeveer zestig kubieke meter warm water nodig. De TPD ontwierp het systeem. Op het dak staan zonnecollectoren met een oppervlakte van 600 vierkante meter opgesteld. Uitbreiding tot ongeveer 1100 vierkante meter is in de toekomst mogelijk. Bij het klimaat van Singapore kan ongeveer negentig procent van de warmte die nodig is voor het op temperatuur brengen van het water uit het zonlicht worden gehaald. Het systeem verdient zichzelf terug, schat Den Ouden, in ongeveer zes jaar.

Hoe komt de luchthaven van Singapore terecht bij de TPD in Delft? Den Ouden: 'We kregen een telefoontje van de KLM. Ze hadden kennelijk folders van ons gezien of op een andere manier opgevangen dat wij met zonne-energie bezig zijn. De KLM heeft het nieuwe vliegveld van Singapore helpen ontwerpen. We hebben toen een ontwerp gemaakt voor een zonne-energie-systeem. En dat is inmiddels onder supervisie van Installatie Techniek Bredero (ITB) gebouwd.'

'Het systeem werkt voortreffelijk. Ik ben er van de zomer nog geweest. De klanten zijn meer dan tevreden, maar dat komt ook omdat ze niet goed snappen waarom ze tot nu toe in het geheel geen fossiele energie bij hebben te hoeven gebruiken. Omdat ze nog niet op volle capaciteit draaien nemen ze namelijk minder water af. Daardoor is het gemiddelde niveau van de temperatuur in de opslag hoger dan bij op volle capaciteit draaien. Tot nu toe hebben ze honderd procent op zonne-energie gedraaid. Dus zij zeggen: de installatie werkt nóg beter dan jullie ons hadden beloofd.'

Ed Breeman

Indruk van het opvangen en opslaan van zonnewarmte voor woonhuizen in het Groningse Beyum

 Redactie: Ed Breeman, bijdragen Henk Hage.

HET PROBLEEM VAN EEN 'NIET ZO FIJNE' GROEP STOFFEN

'OP ZEE VERBRANDEN IS DE GOEDE EN SNELLE MANIER OM VAN PCB-AFVAL AF TE KOMEN!

'Polychloorbifenylen, PCB's, zijn echt geen fijne groep stoffen. Ik kom uit op ongeveer twee miljoen ton pcb's die sinds 1929 op deze planeet zijn gemaakt. We zullen ze zo veel mogelijk moeten zien kwijt te raken. Er zijn verschillende manieren om dat te doen – verbranden op land, zoals in Wales, of verbranden op zee. De enige manier waarop het snel kan, is verbranden op zee.'
Dat is de mening van H. Compaan, leider van de 'Werkgroep Milieu-analyse'. Deze werkgroep is een onderdeel van de Analytische Afdeling van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO (MT-TNO). Al sinds een jaar of tien, vijftien houdt Compaan zich bezig met pcb's. Onder meer als 'safety officer' (veiligheidsofficier) bij een Amerikaanse proefverbranding van PCB's in de Golf van Mexico.



Polychloorbifenylen horen tot de gechloreerde koolwaterstoffen, evenals bijvoorbeeld DDT, lindaan en andere insecticiden. Compaan: 'U moet denken aan moleculen bestaande uit ringen van koolstofatomen waaraan dan meer of minder chlooratomen hangen, naast waterstofatomen.'
PCB's verschenen pas laat op het chemische toneel. Monsanto Chemicals in het Noordamerikaanse St. Louis begon in 1929 met de produktie ervan. Er zijn thans zeker elf chemische fabrieken in landen als Japan, Frankrijk, de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en de Bondsrepubliek Duitsland die PCB's maken.

Wondermiddel
Het verhaal van de PCB's is ten dele het verhaal van bij bijvoorbeeld DDT. Wat aanvankelijk een wondermiddel leek met vele nuttige toepassingen bleek later voor mens en milieu schadelijk te zijn.
Compaan: 'PCB's hebben heel goede elektrische en thermische eigenschappen. Ze zijn goed bestand tegen hoge temperaturen – vandaar dat ze dienst doen als koelvloeistof in transformatoren. Elektriciteit geleiden ze slecht, zodat ze zeer geschikt zijn als isolator in vooral condensatoren. Bovendien zijn PCB's chemisch zeer stabiel. Dat is in bepaalde technische toepassingen een heel groot voordeel.'

Omdat het PCB-gehalte in de bodem van de Waddenzee van ongeveer 1960 tot nu vrijwel gelijk is gebleven, kan ik niet begrijpen waarom in 1969 ineens al die zeehonden doodgingen.

Diezelfde stabiliteit echter is voor het milieu een even zo groot nadeel. PCB's worden niet afgebroken. Daar komt nog iets bij: polychloorbifenylen zijn zeer goed oplosbaar in vet, in menselijk of dierlijk weefsel bijvoorbeeld Compaan: 'Er treedt 'bio-accumulatie' op. De PCB's hopen zich op in organismen. De concentratie in mosselen kan wel tot bijna tienduizend keer (10.000 x) zo hoog zijn in het omringende zeewater.'

Zeehonden
Bij dieren die hoger geplaatst zijn in de voedselketen stijgt het PCB-gehalte. Naar velen stellig menen te weten, zouden de polychloorbifenylen verantwoordelijk zijn voor het dreigende uitsterven van de zeehonden in een uniek Nederlands natuurgebied: de Waddenzee. Door de zich in hun vetweefsel ophopende PCB's zouden de dieren onvruchtbaar worden.
Waar komen de PCB's in de Waddenzee vandaan? Compaan: 'Een belangrijke bron zijn natuurlijk rivieren als de Rijn en de Schelde die vervuild in de Noordzee stromen. Het vervuilde rivierwater gaat langs de Nederlandse kust naar de Waddenzee. Zoals wel wordt gezegd: bij

Compaan: . . nitro-polycyclische aromatische koolwaterstoffen het volgende chemische gevaar?

Den Helder komt de Rijn ons land weer binnen.'
Ook uit de atmosfeer dwarrelen PCB's naar beneden ('droge depositie) en er komen wat polychloorbifenylen met de regen in de Waddenzee. Toch zet Compaan een wetenschappelijk vraagteken bij de stelligheid waarmee velen de achteruitgang van de zeehondenstand aan de PCB's koppelen.
'Dat de zeehonden dreigen uit te sterven door de stijging van het PCB-gehalte in hun lichaam is een hypothese', zo zegt hij. 'Wij van MT-TNO zijn daarom in de bodem van de Waddenzee gaan boren. Elk jaar immers slibt er een laagje klei aan. Uit de verschillende lagen van de bodem kun je een plakje grond halen en op hoeveelheid PCB's analyseren. Op die manier konden we meten hoe groot het PCB-gehalte in het verleden is geweest.'
'Nou, je ziet de hoeveelheid PCB's in de grond van de Wad-



De zeehonden van de Waddenzee dreigen uit te sterven – komt dat door de PCB's? (Foto: ANP).



Dode vissen in de Rijn bij Düsseldorf. Vervuilde rivieren brengen PCB's naar zee (Foto: Anefo).

denzee oplopen tot omstreeks en dan zie je niet veel meer veranderen. Daarom zeg ik: omdat het PCB's gehalte in de bodem van de Waddenzee van ongeveer 1960 tot nu vrijwel gelijk is gebleven, kan ik niet begrijpen waarom in 1969 ineens al die zeehonden doodgingen.'

In pinguins

Tot in de verste uithoeken van de aarde zijn de 209 verschillende soorten polychloorbifenylen de laatste halve eeuw doordrongen. 'Ze zitten ook in de pinguins van de Zuidpool', zegt Compaan. 'Als je opgezette dieren of dieren op sterk water uit musea haalt, kun je de PCB's vanaf het begin van de jaren dertig aantonen.'
De in Zweden werkende Deense onderzoeker Sören Jensen kwam in 1967 de tot dan bijna geheel onbekende groep stoffen op het spoor. Eigenlijk bij toeval, want Jensen en zijn medewerkers waren op zoek naar DDT in diverse diersoorten in de Zweeds e wateren. Zij ontdekten behalve DDT ook PCB's bij de dieren en bijvoorbeeld ook in de vleugels van zee-arenden uit het Natuurhistorisch Museum in Stockholm die na omstreeks 1940 waren opgezet.

Nodig is onderzoek op chronische toxiciteit en studie naar de toxische effecten op ecosystemen. Dat zijn dure onderzoeken en ze kosten ook veel tijd. Bovendien komt er bijna nooit snel een duidelijke uitspraak uit waar beleidsambtenaren of politici wat aan hebben.

Compaan: 'Sindsdien is er jacht op polychloorbifenylen aan de gang. Zo is prof. Koeman, nu van de Landbouwhogeschool Wageningen, onmiddellijk onderzoek gaan doen met PCB's. Hij voerde ze aan kwartels en keek wat er gebeurde. Het resultaat was heel merkwaardig. Hetzelfde polychloorbifenyl van de ene fabrikant kon enorm veel giftiger zijn dan een stof met dezelfde PCB-analyse van een andere fabrikant.'
'De conclusie: giftigheid werd in bepaalde gevallen niet primair veroorzaakt door de PCB's zelf maar door verontreinigingen erin. Die verontreinigingen hebben Koeman en de zijnen gevonden. Het waren *chloordibenzofuranen,* stoffen die lijken op dioxinen en soms bijna net zo giftig zijn. Die dibenzofuranen zaten in de PCB's in hoeveelheden van enkele ppm's (parts per million). Die minieme hoeveelheden echter bepaalden in dit geval in hoofdzaak de giftigheid voor de kwartels.'

TL-buizen

Polychloorbifenylen, al dan niet vermengd met andere stoffen, werden – en worden ten dele nog steeds – gebruikt in transformatoren en condensatoren. Maar dat niet alleen. Er is een lange lijst van andere toepassingen (overigens voor een belangrijk deel thans verboden in de meeste industrielanden). Enkele voorbeelden: 'brandvertrager' in verf, kleding en plastics; weekmaker in polyvinylchloride; drager van inkt in carbonloos kopieerpapier; enzovoorts.
Naar schatting komen in Nederland jaarlijks 40 000 kilo (40 ton) PCB's terecht op allerlei gemeentelijke vuilnisbelten. Compaan: 'Je kan de aanwezigheid meten van sporen van PCB's in de rookgassen van installaties die huisvuil verbranden. Je kan trouwens ook vaak in woonhuizen een duidelijke, zij het zeer kleine, hoeveelheid polychloorbifenylen aantonen.'
'Het gehalte in de binnenlucht van veel woonhuizen is betrekkelijk hoog. Die PCB's ontsnappen uit voorschakelapparaten van TL-buizen, waar ze in zitten, of uit de isolatiekous van elektrische bedrading. Ook op werkplekken, in kantoren en laboratoria, vind je soms relatief hoge concentraties PCB's. Een enkele keer is het PCB-gehalte binnen zelfs wel honderd maal zo hoog als in de buitenlucht.'

Verbranding op zee is tot dusverre het goedkoopst gebleken en naar mijn mening het best uitvoerbaar. De mogelijkheid van verbranding op land is pas later naar voren gekomen, maar is misschien door de overheid beter te controleren.

'Wat is het effect van polychloorbifenylen op de menselijke gezondheid? Welke concentratie van PCB's is schadelijk? Compaan: 'Eigenlijk is dat niet precies te zeggen. Het is niet genoeg om, zoals tot voor kort gebeurde, LD-50-tests te doen, proeven dus waarbij wordt bepaald welke dosis van een bepaalde stof, bijvoorbeeld een PCB, ertoe leidt dat de helft van de proefdieren sterft.'
'Wat je eigenlijk zou moeten weten is het *'no effect-level'.* Dat wil zeggen: hoeveel kan je hebben zonder dat er op kortere of langere termijn een gezondheidsstoornis ontstaat? Daar is nauwelijks onderzoek naar verricht. Voor massa's chemische stoffen geldt trouwens hetzelfde als voor de paar honderd PCB's. Het no effect-level is niet bekend. Evenmin als het gecombineerde effect van steeds kleine hoeveelheden die we op verschillende manieren binnenkrijgen, of de onderlinge wisselwerking tussen verschillende stoffen.'
'De hele toxicologie bestond aanvankelijk bijna uitsluitend uit LD-50-tests. Nodig echter is onderzoek op chronische toxiciteit, en studie naar de toxische effecten op ecosystemen, dat wil zeggen naar de gevolgen van de verstoring van het evenwicht in zo'n

systeem door allerlei giftige stoffen. Dat soort wetenschappelijk onderzoek is pas in de jaren zestig begonnen, en gebeurt al jaren bij MT/TNO. Het zijn dure onderzoeken en ze kosten ook veel tijd. Bovendien komt er bijna nooit snel een duidelijke uitspraak uit waar beleidsambtenaren of politici wat aan hebben.'

Afval met pcb erin

De aanwezigheid van zo'n twee miljoen ton polychloorbifenylen op deze planeet lijkt me overigens niet het grootste milieuprobleem waar we mee worstelen, zegt Compaan. En de gevolgen van het ophopen van zeer kleine hoevelheden pcb's in weefsel van mensen en dieren, of bijvoorbeeld in moedermelk, zijn niet precies bekend.

Toch nemen veel politici en beleidsambtenaren in veel industrielanden maatregelen om PCB's terug te dringen. Zo stelde de Nederlandse minister Winsemius van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne (VROM) onlangs 29 miljoen gulden ter beschikking. Geld dat onder meer moet dienen om de transformatoren van Hoogovens die PCB's bevatten te vervangen of te vernietigen.

Het verbranden van PCB's komt eigenlijk neer, althans wanneer er maar iets fout gaat, op het fabriceren van dioxine-achtige stoffen. En als zo'n installatie als in Wales zou ontploffen, krijg je een gigantisch probleem.

Er komt als gevolg van dit in veel landen gevoerde beleid steeds meer afval met polychloorbifenylen erin. In Nederland, maar ook bijvoorbeeld in de Verenigde Staten, is verschil van mening over de vraag waar afval dat PCB's bevat het beste kan worden verbrand: op zee of op land.

Compaan: 'Rijkswaterstaat geeft de voorkeur aan verbranding op zee en VROM aan verbranden op land, zoals dat in dit deel van de wereld op grote schaal alleen in Wales gebeurt. Verbranding op zee is tot dusverre het goedkoopst gebleken en naar mijn mening het best uitvoerbaar. De mogelijkheid van verbranding op land is pas later naar voren gekomen, maar is misschien door de overheid beter te controleren.'

Is verbranding op land ook niet beter in de hand te houden, zodat de risico's minder zijn? Compaan: 'Nou, dat weet ik zo net nog niet. Daar zou je wel eens een risico-analyse op los kunnen laten. Polychloorbifenylen moeten bij zeer hoge temperaturen worden verbrand. Als een installatie voor het verbranden van PCB's een tijdje heeft staan sukkelen bij te lage temperaturen, kunnen de gevreesde dibenzofuranen zijn gevormd. Het verbranden van PCB's komt eigenlijk neer, althans wanneer er maar iets fout gaat, op het fabriceren van dioxine-achtige stoffen. En als zo'n installatie als in Wales zou ontploffen, krijg je een gigantisch probleem.'



Transformatoren van Hoogovens met PCB's erin. Aan vervanging wordt gewerkt (Foto: Hoogovens).

Tama no Ura

Met PCB's zijn al verschillende rampen of bijna-rampen gebeurd. Bijvoorbeeld in februari 1981 in de stad Binghamton (Verenigde Staten, in de staat New York). Een felle brand in een van de elektrische schakelkasten van het ruim 700 ambtenaren werk biedende State Office Building is snel bedwongen. Echter, een deel van de PCB-houdende tranformatorolie is verbrand. De veertien verdiepingen van het kantoorgebouw zijn bedekt met een zwarte roetlaag. In bijna alle roetmonsters, zo blijkt bij analyse, zitten dioxines en dibenzofuranen. Het gebouw wordt verzegeld; niemand mag er meer in. Er zijn ongeveer 200 mensen kortere of langere tijd onbeschermd in het gebouw geweest tijdens of kort na de brand. Maar de schade aan de gezondheid van deze mensen lijkt vooralsnog mee te vallen.

Dat was dertien jaar eerder, in 1968, in het Japanse vissersdorp Tama no Ura, heel anders. Volgens officiële cijfers vielen er 22 doden en zijn bijna 1200 anderen 'slachtoffer' van een vergiftiging van rijstolie met maar liefst twee tot drie procent PCB's, vele duizenden ppm's dus.

Compaan: 'Ook hier zijn de mensen, net als de kwartels van prof. Koeman, vermoedelijk niet zo zeer doodgegaan aan de PCB's zelf, maar aan de dibenzofuranen die aanwezig waren in de langdurig op hoge temperatuur gebruikte PCB's.' Door deze ramp, en door enkele andere schandalen gedwongen, beloofde de Japanse regering alle polychloorbifenylen in Japan te zullen verzamelen en te vernietigen buiten Japans grondgebied. Maar de Japanse vissers en hun organisaties verzetten zich fel tegen verbranding op zee en tot op heden kennelijk met succes.

Compaan: 'Vijf jaar geleden al is hier een commissie geweest van tien Japanners, hoogleraren, hoge ambtenaren en dergelijke. Ze waren bij MT-TNO om te praten over de mogelijkheid van verbranding op zee van het inmiddels verzamelde Japanse PCB-afval. Sindsdien is er voortdurend contact geweest. Nog steeds is er echter niet beslist.'

Golf van Mexico

Verbranding op zee, vertelt Compaan, is voor PCB's in 1981 voor het eerst officieel geprobeerd, en wel in de Golf van Mexico. Drieduizend ton PCB's uit verschillende delen van de Verenigde Staten zijn daar toen bij wijze van proef verbrand. Op een Nederlands verbrandingsschip: de Vulcanus I (inmiddels is er ook een Vulcanus II) van het bedrijf 'Ocean Combustion Service' (OCS) uit Rotterdam. OCS is een dochteronderneming van het Amerikaanse bedrijf 'Waste Management', beter gezegd van de chemische tak daarvan, die 'Chemical Waste Management' heet.

Het onderzoek naar de volledigheid van verbranding en het toezicht op de veiligheid aan boord waren toevertrouwd aan de Werkgroep Milieu-analyse van MT-TNO. Compaan: 'We moesten bijvoorbeeld letten op de naleving van de veiligheidsvoorschriften aan boord. Ik had zelfs de bevoegdheid om het verbranden op volle zee te staken. In het plan voor de proefverbranding van de EPA (Environmental Protection Agency, het milieubureau van de Verenigde Staten) stond ik omschreven als: 'TNO safety officer', veiligheidsofficier van TNO.'

Omdat verbranding van PCB's vrij snel kan ontaarden in de produktie van dibenzofuranen, waren zeer strikte veiligheidsmaatregelen nodig. Compaan: 'We waren met drie man aan boord en moesten monsters nemen van

de gassen uit de schoorsteen. Die zouden in Delft worden geanalyseerd. De veiligheidsanalyses aan boord deden we in het zeven ton kilo wegende mobiele laboratorium dat in Nederland was gebouwd en per vliegtuig naar de VS vervoerd. We moesten iedere dag monsters nemen en analyseren van de lucht in de verblijven waar het personeel woonde en werkte. We analyseerden dagelijks veegmonsters van de vloeren, van het dek, van de keuken. We wilden elke dag weten of het schip niet besmet raakte met PCB's.'

Je kan trouwens ook vaak in woonhuizen een duidelijke, zij het zeer kleine hoeveelheid polychloorbifenylen aantonen. Die PCBs' ontsnappen uit voorschakelapparaten van TL-buizen of uit de isolatiekous van elektrische bedrading. bedraging.

De Vulcanus I was verdeeld in een 'vieze' en een 'schone' zone. Compaan: 'Je mocht alleen door kleding en schoeisel te verwisselen van het ene naar het andere gedeelte gaan. De mensen die de eigenlijke verbranding regelden moesten zelfs onder de douche voor ze naar de schone zone kwamen. Tijdens het verbranden kregen deze mensen hun eten door een luik. Er is niets misgegaan. Alles is prima verlopen.

De laatste drie jaar is het wat stil geworden rond het onderwerp verbranding op zee van polychloorfenylen. Compaan: 'Er is nog een tweede verbranding achteraan geweest, ook van PCB's uit de Verenigde Staten. Er zijn wat polychloorbifenylen verbrand in Australië. Hier en daar is natuurlijk ook in de loop der jaren wel PCB-houdend afval tegelijk met ander afval op zee verbrand, of verbrand zonder dat de bemanning van het schip wist dat het om PCB's ging. Ik schat echter dat van de ongeveer twee miljoen ton PCB's er nog geen tienduizend ton op zee zijn verbrand.'

Vandaar dat Compaan denkt dat er, 'een markt' is op het gebied van de verbranding van PCB's, en trouwens ook voor ander chemisch afval. In Japan wacht een partij polychloorbifenylen nog steeds op verbranding. In de Verenigde Staten is al enige jaren een politiek-juridische belangenstrijd aan de gang tussen vooral 'landverbranders' en 'zeeverbranders'. De Amerikaanse verbranding in de Golf van Mexico was immers een proefverbranding waarvoor een zogeheten 'research permit' was verleend. Definitieve vergunningen voor verbranding van PCB's op zee zijn in de VS nog steeds niet afgekomen.

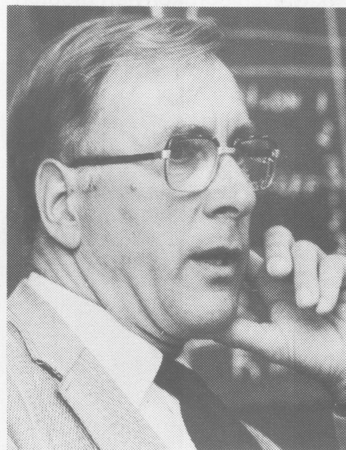
Compaan ziet overigens al weer nieuwe gevaarlijke stoffen aan de milieuhorizon opdoemen. Hij zegt: 'Telkens na de vaak toevallige ontdekking van de nadelen van een nieuwe chemische stof ontstaat een soort schrikreactie. Het grote publiek, massamedia en wetenschappelijk onderzoek hollen achter steeds nieuwe chemische gevaren aan. Eerst was het DDT, later kwik, toen PCB's en nu dioxine.'

'Je kunt bijna voorspellen wat het volgende chemische gevaar zal zijn. Ik denk dat bijvoorbeeld de 'nitro-polycyclische aromatische koolwaterstoffen' of nitro-PAK's een goede kans maken. Nitro-PAK's zitten onder meer in kleine hoeveelheden in de uitlaatgassen van dieselmotoren. Ze staan pas sinds kort in de wetenschappelijke belangstelling. Nitro-PAK's zijn sterk mutageen; ze kunnen erfelijke eigenschappen veranderen. Dat betekent waarschijnlijk ook dat ze kankerverwekkend zijn.'

'Wij bij MT-TNO zijn bezig de analyse-methoden voor het meten van sporen van nitro-polycyclische aromatische koolwaterstoffen op poten te zetten. Over een jaar of twee jaar ben je gewoon niet meer 'in business' als je de aanwezigheid van nitro-PAK's niet kunt aantonen.'

PROF. KOUMANS: CAD/CAM IS MEER DAN EEN MODEWOORD

Computer gesteund ontwerpen en produceren (Computer Aided Design, CAD, en Computer Aided Manufacturing, CAM) stonden eind maart centraal op de informatiedag 'CAD/CAM in bedrijf' die TNO in de Utrechtse Jaarbeurs organiseerde. Twee zalen van de Julianahal waren niet toereikend om alle belangstellenden te herbergen. Er moesten mensen worden afgewezen.



Prof. Koumans: . . verkleining van schaal soms net zo verraderlijk als schaalvergroting.

In de twee zalen spraken prof. ir. W. A. Koumans, lid van de Raad van Bestuur TNO, en ir. J. M. Nijpjes, hoofddirecteur van de Hoofdgroep Bouw en Metaal TNO (BM/TNO) hetzelfde welkomstwoord uit. 'Het is bekend dat CAD/CAM en, algemener, informatica, de nieuwe technologische modewoorden van deze tijd zijn', zo zeiden zij. 'We herinneren ons allemaal hoe, nog niet zo lang geleden, het woord innovatie die rol vervulde.'

Een spelletje?

'Men zou zich kunnen afvragen', zo vervolgden beide heren, 'of we met z'n allen een spelletje aan het spelen zijn, waarin trendgevoelige begrippen en een circuit vol congressen en symposia onze aandacht absorberen. Naar onze mening is dat zeker niet het geval. Er is daarentegen een duidelijke lijn te ontdekken in het hele proces van kennisoverdracht.'

Eerst was er behoefte aan 'een brede oriëntatie', aan bewustwording. Thans echter, aldus het duo Koumans/Nijpjes, ontstaat belangstelling 'voor informatie met een meer praktische betekenis'.

Schaalverkleining

Bovendien komen de wat kleinere bedrijven thans in toenemende mate in aanraking met de computer in de tekenkamer en op de werkvloer. Koumans/Nijpjes: 'We hebben gezien dat een aantal zeer grote industrieën in het nabije verleden ertoe zijn overgegaan om de computer een centrale rol te geven in het proces van ontwerpen en produceren'. 'Toen deze relatief beperkte markt was bediend, lag het voor de hand om het afzetgebied van CAD/CAM-produkten te gaan vergroten. Daarop bleek al snel dat schaalverkleinen net zo verraderlijk kan zijn als schaalvergroten. De grote systemen waren meestal te duur, te algemeen en niet voldoende aangepast aan de eisen van het kleinere bedrijf. Van lieverlee zijn we erachter gekomen dat hier nieuwe benaderingen nodig zijn.'

HET MAKEN VAN ZEER COMPLEXE CHIPS

NELSIS MOET HOOFD BIEDEN AAN 'DREIGENDE ONTWERPCATASTROFE'

Neem de 'NE' en de 'L' van 'NEderLands', de 'S' van 'ontwerpSysteem' en de 'I' en de 'S' van 'voor geIntegreerde Schakelingen', en de afkorting 'Nelsis' is tot stand gekomen. Technische hogescholen en bedrijven werken in het kader van Nelsis samen. Het eerste doel van het project is Nederlandse middelgrote en kleinere bedrijven in staat te stellen zelf zeer complexe geïntegreerde schakelingen (integrated circuits, IC's) te ontwerpen, zelfs chips op maat te maken, aangepast aan de behoeften van de bedrijven. Minstens zo belangrijk is het tweede doel: het opleiden van de ontwerpers van deze VLSI-chips (Very Large Scale Integration, meer dan 10 000 componenten per IC).

De drie Nederlandse TH's in Delft, Eindhoven en Enschede steken tezamen 5,3 miljoen gulden in het project. Uit Brussel komt 5,2 miljoen gulden van de Europese Commissie. De ministeries van Economische Zaken (4 miljoen gulden) en Onderwijs en Wetenschappen (1,5 miljoen gulden) betalen ook mee. Nederlandse bedrijven tenslotte stellen 4,5 miljoen gulden beschikbaar. Het totale budget: 20,5 miljoen gulden.

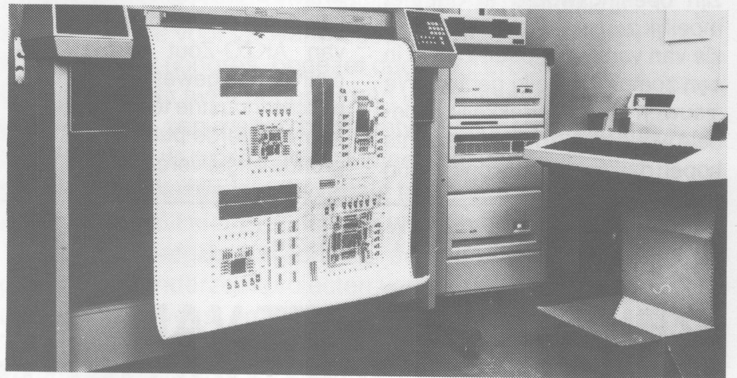
Opwindend jaar

Ir. J. W. Hillege, plaatsvervangend directeur-generaal voor de industrie van het ministerie van Economische Zaken, zei eind maart bij de presentatie van Nelsis dat 1984 'een opwindend jaar' belooft te worden. Binnen bereik komen, zei hij, 'nieuwe logische componenten met ongekende mogelijkheden'. Tenminste, 'als wij de dreigende ontwerpcatastrofe het hoofd kunnen bieden'. Hillege: 'Het zal onmogelijk zijn om van de voortgang van de IC-technologie te profiteren, indien er niet een systematische en duurzame oplossing wordt gevonden voor de steeds complexere problematiek van ontwerp, simulatie, verificatie en testing van omvangrijke elektronische schakelingen.' Nelsis staat naar de mening van de topambtenaar op het kruispunt van de informatica en de micro-elektronica, combineert het (computer gesteund) ontwerpen van zeer complexe chips met software-technologie en kan de uitdaging het hoofd helpen bieden.

Drie bedrijven

Aan Nelsis doen drie bedrijven mee. Het Nederlandse bedrijf ICS/ICN in Rotterdam en Enschede verleent onder meer hulp op het gebied van de software (programmatuur) en het ontwerpen van de chips. PCS uit München en British Telecom uit Ipswich voeren eveneens taken uit in het kader van het project.

Een stuurgroep begeleidt Nelsis. Voorzitter is ir. G. A. Schwippert, hoofd van het Centrum voor Micro-elektronica TNO (CME-TNO).



Een 'lay out plot' toont de ontwerper van een complexe chip wat hij tot dusverre heeft gedaan.

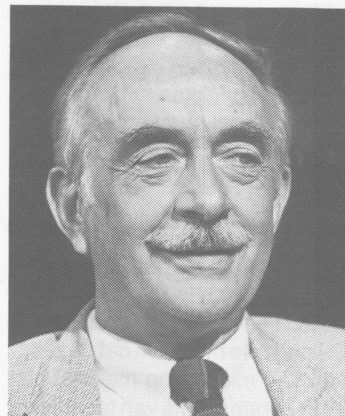
HOOR EN WEDERHOOR BIJ VEILIGHEIDSVRAAGSTUKKEN

VAN RUN: HET GAAT VAAK OM BELANGEN EN MACHT

'In de media is men licht geneigd hoog van de toren te blazen over uitingsvrijheid en maatschappelijke verantwoordelijkheid. Dat mag van mij, de toren kan me niet hoog genoeg zijn en het blazen niet luid genoeg. Buiten de media wordt al even luid van even hoge torens geblazen als het om wederwoorden of afstraffingen gaat. Maar wat aan beide kanten wordt vergeten, is dat het in werkelijkheid dikwijls gewoon om belangen en om macht gaat.'

Met deze grondige formulering ontdeed drs. H. van Run, o.a. oud-hoofdredacteur van De Tijd, veel ontboezemingen tijdens de studiedag 'Hoor en Wederhoor bij Veiligheidsvraagstukken van Technologie' van hun franje. Van Run: 'Erger dan dat vergeten wordt dat het daarom gaat, is dat men zulk soort trivialiteiten verhult in de prachtigste verbale gewaden van moralistische en principiële snit. Dat op eerlijke en intelligente wijze onderkennen zou menige discussie verder helpen, in ieder geval verteerbaarder maken.'

De studiedag werd op 12 april georganiseerd door het Studiecentrum voor Technologie en Beleid TNO. Verder stond het geheel onder auspiciën van overheidsinstanties, enkele clubs van industriëlen en de Nederlandse Vereniging van Journalisten. De aanwezige deelnemers vormden een afspiegeling van deze auspiciënten.



Van Run: ". . . trivialiteiten verhuld in de prachtigste verbale gewaden van principiële snit."

Hoewel Van Run een van de eerste sprekers was, sorteerde zijn oproep tot enige nuchterheid weinig effect. Er bestaat een vrij diep geworteld wederzijds wantrouwen bij industrie en pers, veelal gebaseerd op oud zeer en niet altijd representatieve incidenten. Overigens pleitte dezelfde Van Run ervoor om aan de zijde van de journalist dat gezonde wantrouwen te handhaven: 'En dan niet alleen ten opzichte van de industrie, maar ook ten opzichte van de politiek, èn ten opzichte van zichzelf. De journa-

list moet voortdurend bereid zijn zijn eigen vooroordelen prijs te geven naarmate ze geen recht van bestaan blijken te hebben.' Ook voor de industrie had hij een richtlijn: 'De voorlichters moeten bereid zijn de gevraagde informatie op slechts zakelijke wijze te geven. En ze moeten het idee loslaten dat ze altijd de verdedigers van de baas moeten zijn.'
Discussieleider prof. dr. S. J. Doorman (TH-Delft) voorzag in zijn openingswoord al dat het moeilijk zou worden: 'De discussie van vandaag speelt zich af in een zompig, nevelig gebied. We sjouwen door betrekkelijk troebele wouden. We kunnen slechts hopen dat de sprekers ons daarin een klein paadje zullen verschaffen.' Doorman: 'Waarneming is een zeer diffuus proces. Het gaat niet alleen om waarneming van een fysische, maar ook van een sociale werkelijkheid. Dat is niet meer een passief registratieproces, het is een ingewikkeld samenspel van registratie en verwachting. Een objectief beeld van de werkelijkheid lijkt daardoor een onbereikbaar ideaal geworden.'
Enkele uren lang leek hij gelijk te krijgen. Ir. A. Ronteltap, directeur van AKZO-Zout Chemie, beschreef hoe gewetensvol de chemische industrie te werk gaat, en hoe verkeerde publikaties ongegronde angst veroorzaken.
Dr. L. Reijnders, biochemicus en ongekroonde koning van de milieubeweging in ons land, ziet met verontrusting hoe de laatste tijd de aandacht voor milieuzaken weer afneemt. De meeste journalisten zijn papegaaien van de werkgevers geworden en het onderzoek in Nederland functioneert steeds meer als 'een goed ogende manier om de eigen vooroordelen te verkopen'. 'De meeste steun krijgt degene die het meeste geld heeft', aldus Reijnders, 'en dat is niet de milieubeweging'.

Na veel gehakketak leek het er even op dat oud-Shell-man ir. H. G. Klinkert de partijen nader tot elkaar bracht: 'Het enige dat we vragen is fair play, met goede spelregels die door alle partijen worden begrepen en aanvaard.' Een beroep op het goede fatsoen dus. Maar volgens prof. dr. O. Wiegman (Vakgroep Psychologie, TH-Twente) heeft dat weinig zin: 'Vraag het maar aan de belastinginspecteur.' Deze hoogleraar trok een parallel met hardnekkige criminelen, haalde er bovendien de 'losgeslagen kunst' in ons land nog bij en pleitte daarom voor codes 'om halfgare gekken die aan de rand van de journalistiek opereren en daarmee geld als water verdienen, aan de schandpaal te nagelen'.

H.H.

PROF. THOENES:

'ZEKER DE HELFT VAN DE ONDERZOEKSPROJECTEN MISLUKT'

Prof. dr. ir. D. Thoenes is hoogleraar aan de Technische Hogeschool Eindhoven. Hij was voorzitter van de Adviescommissie Toekomstig Chemisch Onderzoek die onlangs advies uitbracht. Eind maart sprak hij op een symposium over de toekomst van de chemische industrie in Nederland.
Prof. Thoenes: 'Wij moeten ons goed realiseren dat zelfs bij een goed doordacht industrieel onderzoeksprogramma een aanzienlijk deel van de inspanningen op het gebied van het chemisch onderzoek niet leidt tot een industriële toepassing, laat staan tot een commercieel succes. Vooral van lange-termijn-projecten mislukt zeker veel meer dan de helft. Het zou interessant zijn om eens op uitgebreide schaal te onderzoeken waarom dit zo is en wat er zoal met de vergaarde kennis gebeurt.'



Prof. Toenes:. . het is de vraag of 'het klimaat' in ons land wel zo geschikt is (Foto: THE).

Het verband tussen onderzoek en industriële vernieuwing is, zo stelde prof. Thoenes, lang niet zo rechtlijnig als sommige buitenstaanders wel menen. 'Het is niet voldoende om in wetenschappelijk onderzoeker geld te geven en te zeggen: Doe je best en vind wat uit. Heel vroeger ging het misschien wel eens op die manier, maar tegenwoordig zijn de kansen op succes veel te klein om op deze wijze nog enige rendement van het geïnvesteerde geld te krijgen.'

Andere redenen

Aan het mislukken van industriële onderzoeksprojecten liggen, zo stelde de Eindhovense hoogleraar, vaak andere dan wetenschappelijke redenen ten grondslag. Prof. Thoenes: 'Uit mijn eigen ervaring op het gebied van onderzoek en ontwikkeling (research and development, R. en D.) durf ik te beweren dat de redenen van mislukking meestal niet in de eerste plaats van technisch/wetenschappelijke aard zijn.'
'Het komt nogal eens voor dat het resultaat van een onderzoek op zichzelf wel geheel aan de verwachtingen voldoet. Er kunnen dan echter economische veranderingen zijn opgetreden die maken dat het project niet interessant meer is. Bijvoorbeeld: de grondstoffen zijn duurder geworden, de marktverwachtingen vallen tegen, de rente is gestegen, en dergelijke. De concurrentie zit overigens meestal ook niet stil.'

Met kracht doorstoten

Industriële onderzoekers en vooral degenen die het wetenschappelijk speurwerk in de (chemische) industrie leiden, kennen deze gevaren. Er zijn wel een paar algemene richtlijnen te geven om de kans op succes te vergroten. Zo zal men zich dienen af te vragen op welke punten de concurrentie duidelijk zwakker is.
Prof. Thoenes: 'Wat de technologische kant betreft gaat het er vooral om te zoeken naar de terreinen waarop de onderneming een streepje voor heeft op de concurrentie. En dan met kracht doorstoten! Het is ook nog zo dat een onderneming die goed is in een bepaalde sector deze voortdurend versterkt. We hebben vooral die ondernemingen zeer groot zien worden, die op minstens één terrein de meeste andere de baas zijn, bijvoorbeeld op het gebied van synthetische vezels, wasmiddelen, gloeilampen, brandstoffen, petrochemische produkten, en dergelijke.'

Over de bevruchtende rol die het wetenschappelijk onderzoek aan universiteiten zou kunnen spelen, was prof. Thoenes pessimistisch. 'Het is denkbaar', zei hij, 'dat universitair onderzoek zal leiden tot de oprichting van nieuwe ondernemingen, maar het is de vraag of 'het klimaat' in Nederland daarvoor geschikt is.'

RATIONELE HOUTKACHEL: STAP DICHTER BIJ OPLOSSING WERELDWIJD PROBLEEM

'Een technologische uitdaging'. Zo noemde ir. W. A. de Jong, voorzitter van de Raad van Bestuur van TNO, op 27 maart, het werk dat wordt verricht door de Woodburning Stove Group. Deze Werkgroep Houtkachels, een samenwerkingsverband van TNO, de TH Eindhoven, de Katholieke Universiteit Leuven en de Consultants for Management of Development, zoekt uit welk ontwerp houtkachel in de ontwikkelingslanden het meeste rendement zou opleveren.
Daarmee gaat men een immens probleem te lijf. Het hout in de Derde Wereld is aan het opraken. Dat vormt een rampzalig perspectief voor de gezinnen die er hun eten op moeten koken. En ontbossing, of zelfs woestijnvorming, dreigen dat ecologisch evenwicht ernstig te verstoren.



Ook deze simpele 'grajan wood dust stove' is uitgebreid getest bij TNO-Apeldoorn.

In de ontwikkelingslanden voorziet hout in 80 procent van de behoefte aan energie. Driekwart daarvan is nodig om te koken. Tot heden gebeurt dat koken nog weinig rationeel. Er zijn drie wegen waarlangs men het probleem tracht op te lossen: aanplant van nieuwe bossen, zuiniger omspringen met het stookhout en zoeken naar alternatieve brandstoffen (biomassa).
Tijdens een op 26 en 27 maart bij TNO gehouden seminar voor wetenschapsjournalisten werd bekendgemaakt dat nu reeds een miljard mensen te maken heeft met een tekort aan hout. In het jaar 2000 zal dat aantal verdubbeld zijn als er niet snel iets gebeurt. Het seminar werd georganiseerd door Earthscan, een internationale nieuws- en informatiedienst. Earthscan meent dat met name voorlichting op het gebied van milieu en ontwikkeling de oplossing van veel problemen dichterbij kan brengen.

Simpele kacheltjes
Bij MT-TNO in Apeldoorn zagen de seminar-deelnemers hoe op het oog simpele kacheltjes met behulp van gecompliceerde meetapparaten en computers werden uitgetest. MT-directeur Claus legde uit dat dit een noodzakelijke aanpak is: in wezen is het verbrandingsproces in zo'n houtkachel, met vrij willekeurige condities, moeilijker te beheersen dan bij de moderne verbrandingsapparaten waar we in de geïndustrialiseerde wereld mee vertrouwd zijn. De Werkgroep Houtkachels gaat ervan uit dat het niet zinnig is één ontwerp kachel voor de gehele Derde Wereld te maken. Wel wil men komen tot een universeel pakket van ontwerp-regels. Dat biedt ruimte om rekening te houden met lokale aspecten en bijzonderheden. De heer De Jong: 'Het moet een eenvoudige en goedkope kachel zijn, die verkrijgbaar is voor minder dan tien dollar. Het produkt moet te vervaardigen zijn van plaatselijk aanwezige materialen, en door mensen met een geringe opleiding. Het moet kunnen branden met verschillende brandstoffen, gemakkelijk zijn in het gebruik, geschikt voor het bereiden van verschillende soorten voedsel en voor gezinnen van uiteenlopende grootte.'
De ontwerpers denken op de goede weg te zijn. Opleiding van mensen in de ontwikkelingslanden, die in hun eigen omgeving projecten opzetten en de resultaten toepassen, is de volgende fase. De Jong: 'En als dat lukt, denk ik dat we een stap dichter zijn bij het oplossen van een wereldwijd probleem.'

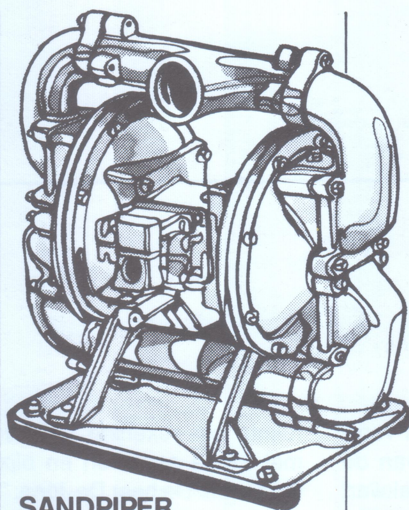
H.H.

GREEP UIT

Nr. 2 – februari 1984
J. Faber
Gezondheidszorg
Pogingen om bressen te schieten in bastion van arts en specialist

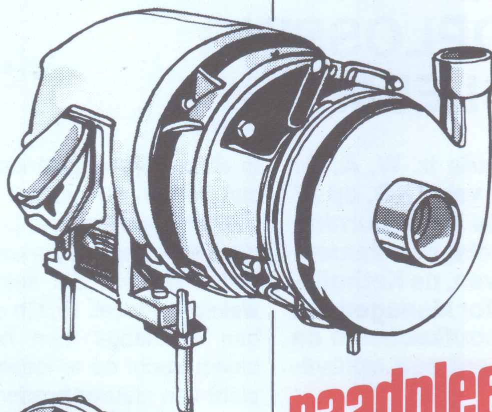
Nr. 3 maart 1984
Aardobservatie
N. J. J. Bunnik:
Aardobservatie als techniek volop in ontwikkeling

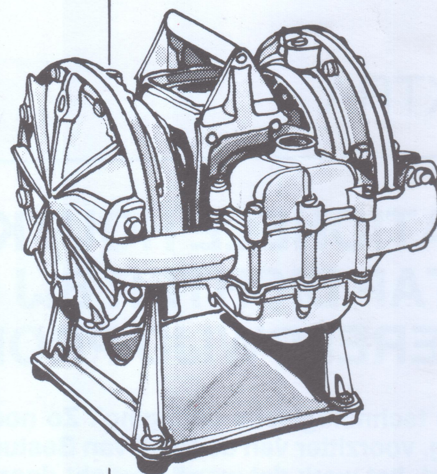
Binnenkort verschijnen:
Visserij
Gerontologie



SANDPIPER MEMBRAANPOMP
met scharnierkleppen.

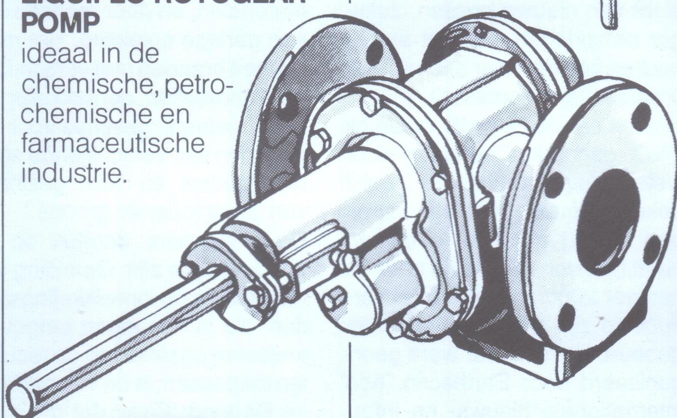
TRIFLO R.V.S. CENTRIFUGAAL POMP
voor Latex en slurries.



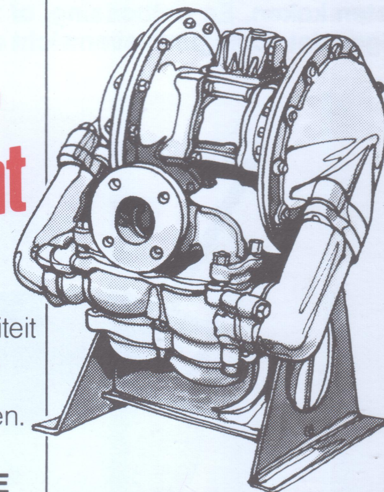


SANDPIPER VIP MET VRIJDRAGENDE TEFLON MEMBRANEN EN TEFLON KOGELKLEPPEN
optimaal beschermd tegen de agressieve eigenschappen van de meeste chemicaliën.

LIQUIFLO ROTOGEAR POMP
ideaal in de chemische, petrochemische en farmaceutische industrie.



raadpleeg een specialist als het over pompen gaat



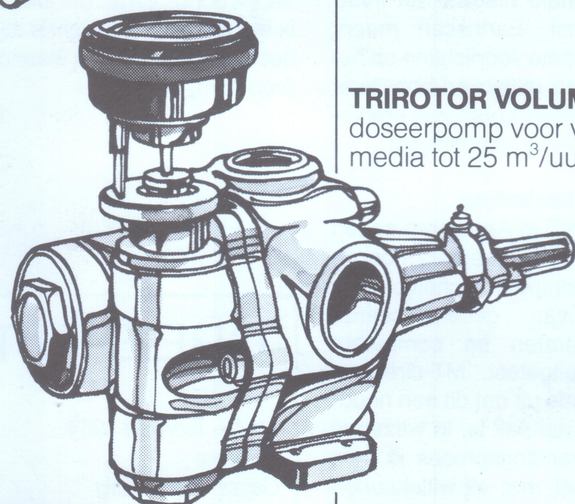
Kodam levert speciaalpompen van hoge kwaliteit voor de procesindustrie, voor laboratorium en industrieële toepassingen.

AAN WELKE EISEN VOLDOET EEN GOEDE PROCESPOMP?

- hij werkt dag in dag uit bedrijfszeker
- hij is bestand tegen de meest agressieve viskeuze vloeistoffen
- storingen moeten eenvoudig te verhelpen zijn.

Vrijwel alle pompen zijn uit voorraad leverbaar.
Vraag dokumentatie aan:

SANDPIPER POMP MET KOGELKLEPPEN
verpompt probleemloos viskeuze media en vloeistoffen.



TRIROTOR VOLUMATIC
doseerpomp voor viskeuze media tot 25 m^3/uur.

kodam pompen

Postbus 111,
4140 AC Leerdam
Telefoon: (03451) 5444
B.g.g. (020) 123123
Telex: 40823

flem 1.005